

農地保全の研究 第 6 号

# 目 次

あ い さ つ .....	1
農地保全研究部会長	今 尾 昭 夫
1. 農地開発と防災 .....	3
京都大学防災研究所	角 屋 瞳
2. 土の侵食性を規定する土壤因子 .....	15
九州大学農学部	田 熊 勝 利
3. ネパールの丘陵農業と土壤保全 .....	26
—開発途上国の一例—	
国際農林業協力協会	杉 頴 夫
4. 島根県における斜面災害の特徴 .....	37
—特に、昭和39、58年豪雨災害の実態から—	
島根大学教育学部	三 浦 清
5. 三隅町にみる農地保全的災害復旧 .....	67
—58. 7豪雨—	
島根県浜田農林事務所	勝 部 登
6. 国営益田開拓の防災対策 .....	81
—58年7月山陰豪雨を通じて—	
中四農政局益田開拓建設事業所	服 部 龍 一

## あ　い　さ　つ

農業土木学会 農地保全研究部会

会長 今尾 昭夫

農地保全研究部会第6回研究集会を松江市において開催することになり、ここに研究集会始まって以来、最も多い参加者の皆様をお迎えいたしましたことは、主催するものにとって最大の喜びであります。

第1回の研究集会以来、農地保全に関するいろいろな問題について討議を重ねて参りましたが、今回は、「災害と農地保全」と題して、災害そのものに的を絞り、保全とのかかわりを中心に御検討いただくことにいたしました。

毎年、梅雨期になると、長雨、または豪雨による洪水、山崩れなど、あちこちで災害の発生を告げる報道に接します。そして、そこには必ず農地に関連する被害が伴い、農民に多くの不安を与えております。農地保全とは、農地の生産力維持と安定性の確保にあるわけですが、この中で災害をどのように位置付けるか、議論の分れるところだと思います。7年前、この研究部会発足に際し、災害を農地保全の対象とするかどうかが、問題として提起されましたが、明確な結論に至らぬまま現在に至っているというのが実状かと思っております。一方、農業土木の事業の中では、災害に対して防災という立場で対応している場合がほとんどですから、災害と農地保全とは異質なものとして受けとめられている面もあります。しかし、一方では農地保全を農地に働くマイナス要因から保全する手段と理解し、災害もまたその対象となるとの考えが存在するわけです。

したがって、今回のテーマは、この機会に災害というものを農地保全の立場から見直してみようとする問題提起の意味も多分に持っています。加えて、農地保全はそれぞれの置かれた地域的環境によって受けとめ方が異なる面もあり、前述の問題も含

めて全国から御参加の皆様の御意見を承りたく、始めてアンケート調査を行うことになりました。どうかよろしく御協力下さいますようお願い申し上げます。

島根県は、昭和58年7月、県西部において大水害を業り、今なお傷あとが残っており、災害と農地保全を考える場にふさわしいといえます。しかし、残念ながら距離的な面から現地見学として現場へ御案内できませんが、これに関する御講演の中で、災害後の対応を吟味していただき、これから農地保全について御理解を賜われば幸に存じます。

おわりに、この研究集会、および現地見学開催に当り、島根県耕地課長と課員の皆様、大邑開拓建設事業所、ならびに関係各位の並々ならぬ御協力をいただきましたことを御報告申し上げますとともに、厚く御礼を申し上げます。

# 農地開発と防災

京大防災研究所 角屋 瞳

## 1. まえがき

土地改良事業計画基準「農地保全」が改訂されて6年になる。もっとも原案は昭和50年頃に作成されており、10年前の学問・技術を背景としたものといえるから、今日のレベルよりすると不十分な点も少なくないと想像される。しかしながら、標題の視点からこの計画基準を読み直すと、重要な事項はすべて指摘されており、間然すべき点はあまり見当らない。そこで以下では、開発に伴う流出変化について、二、三考察することとする。

## 2. 雨水保留能

開発に伴う流域の雨水保留能の変化は、表層土の透水性と雨水滞留時間の変化によってもたらされる。

前者は、表層土の土壤構造がどの程度変わるとかの問題であるから、開発前後では造成方法によって大きく左右されるが、熟成化に伴って良透水性構造へと変化するはずであるから、開発前と大差はないのではないかと予想される。しかしその実態はまだよく分かっていない。

後者は、排水組織の整備状況と耕作形態に依存する。開発前では、縮尺1/25000以下の地形図上では、河道の記載されている地区はほとんどないであろう。地形統計則より類推される水みち網の程度であったものが、農地造成後は歴然とした排水路網で覆われ、斜面長も短くなるのが通例である。したが

って雨水滞留時間はかなり大きく変化する。水兼道路の整備は、将来にわたってその差を決定的なものとし、縦畝耕作が行われるとすると、この傾向に拍車をかけることとなろう。

図-1は、五条吉野地区における小林ら<sup>1)</sup>の調査研究結果を例示したもので、流域Aは造成後2年半～4年半経過した畠地（うち残存林地22%）、流域Bは未造成林地である。一雨保留能は開発に伴い2／3程度に低下している。農地造成直後の土壤調査によると、開発によりAの層が削除され、透水性の低い未発達の土壤層が人為的に形成されたようであるから、これも変化の一要因とみられる。

保留量曲線は洪水流出解析のための有効降雨推定によく利用される。これに対して流域内の保留能分布を考慮する方法が、スタンフォードモデル以来何人かの人によって提示されている。最近田中丸ら<sup>2)</sup>はスケーリング理論を活用してPhilipの浸透能式の定数分布を推定し、有効降雨推定に利用する新しいモデルを提示して好結果を得ている。今後この方式の一般化ないし予測問題への応用法の開発が期待される。

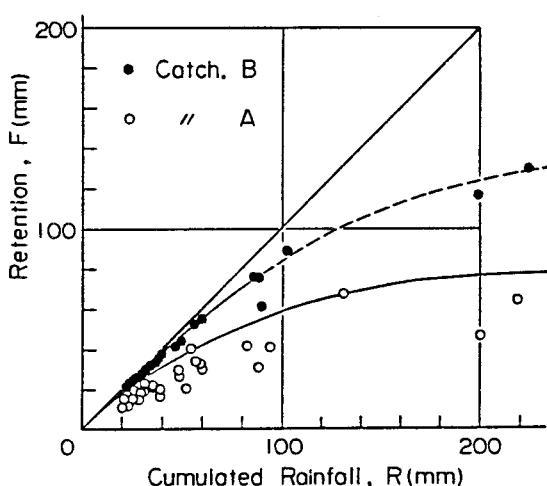


図-1 農地造成に伴う雨水保留量曲線の変化－五条吉野地区の例（小林ら<sup>1)</sup>）

### 3. 等価粗度

土地利用形態の変化に伴う洪水流出変化の予測には、雨水流法とくに表面流モデルがよく利用される。これは周知のように、流域を斜面と河道よりなるものとしてモデル化し、かつ斜面流は全幅一様な薄層流を想定して、水深  $h$  と単位幅流量  $q$  の間に、 $h = k q^p$  の等流型運動式を仮定する方法である。この等流式としては、多くの場合 Manning 則を想定して、 $k = (N / \sqrt{s})^p$  、  $p = 0.6$  、ただし  $N$  : 等価粗度、  $s$  : 斜面勾配、とするのが普通であるが、これに対し、層流形態を主張して  $p = 1/3$  とする説も後を絶たない。これについて、最近杉山ら<sup>3)</sup> は、いくつかの斜面での水みち断面の精測資料に基づいて、本来水みち流れである斜面上の流れを一様な薄層流と仮定すると、 $p = 0.42 \sim 0.53$  (層流) 、 $0.67 \sim 0.75$  (乱流)  $\div 0.5 \sim 0.7 \div 0.6$  、となって平均的には Manning 則に相応する  $p = 0.6$  になることを示している。

さて、Manning 型表面流を仮定すると、等価粗度  $N$  の値がどうなるかが問題である。昔は、 $N$  は流域固有の値と考えられていたが、実は流域モデルの構成法によって大きく変わることが分かってきている。角屋ら<sup>4)</sup> は、自然流域について図-2を提示している。同図において、代表斜面長  $B_c$  とは、河道から頂上方向へ測定した流水長の分布において非超過面積確率 50% に相当する長さ、 $N_H$  は自然丘陵地で表面流モデル単独適用のときの等価粗度、 $N_c$  は中間流モデルを併用した場合である。また  $N_M$  は、建設省所管河川での流出解析に採用された値で、必ずしも山地ばかりではないこと、最適解を求めていないことなどがバラツキが大きい原因と見られる。

造成農地に対しては、畠面固有の N が想定できるように思われる。これが流域のモデル化に伴ってどう変化するかは、洪水到達時間を等置する形で、容易に評価できよう。固有の N として、しばしば引用されるのは Horton の値である（表-1）。丸山らは流域ブロックを非浸透域を含むものとそうでないものとに分けて最適解を求め、畠面では  $N = 0.90$  を想定している。N の値の扱いについては、今後さらに検討が必要なようと思われる。

表-1 等価粗度  $N$  ( $m^{-1/3} \cdot s$ )

表面	Horton <sup>5)</sup>	Palmer <sup>6)</sup>	丸山ら <sup>7)</sup>
平滑舗装面（ハウス）	0.02	—	0.02
固結裸地（法面）	0.10	—	0.05
成育不良草地・凹凸裸地	0.2	0.2	0.90
普通草地	0.4	0.4	—
密生草地	0.8	—	—

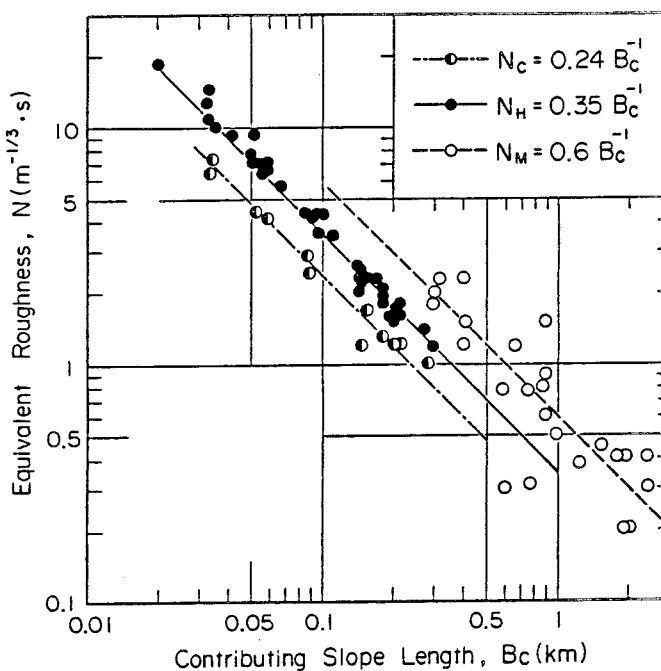


図-2 自然山林域の等価粗度（角屋・福島<sup>4)</sup>）

#### 4. ピーク流出量

改訂計画基準の特徴の一つに、ピーク流出量推定法の改正が挙げられ、洪水到達時間が土地利用によって異なる点が強調されている。しかし、肝心の農地造成に伴う洪水到達時間やピーク流出量の変化については、何も示されていない。むしろ、造成直後はともかく、造成後長年月経過すると開発前の状態に戻るであろうとされている。これは古い造成地における水文観測に問題が多くて、信頼できるデータが不足していたことや、造成後20年以上経過した試験地の流出特性と自然林地との間に顕著な差がみられなかっただことなどのためである。

しかしながら、昭和50年代になると一部の農地造成地で新しく水文調査が始まられ、とくに55年度以降、全国のいくつかの造成地で水文観測施設が整備され、造成地・未造成地の比較観測が実施されてきている。まだ十分なデータが得られるまでには至っていないが、洪水到達時間についてはかなりの差のあることが確認されてきている。

a. 洪水到達時間 図-3は、五条吉野地区における洪水到達時間の比較例、図-4は同ピーク流出係数の比較例で、いずれも小林らの成果<sup>1)</sup>を引用したものである。

図-3には、次の角屋・福島の洪水到達時間推定式で、 $C_B = 328$ 、 $C_A = 78$ とした線が挿入されている。

$$t_p = CA^{0.22} r_E^{-0.35} \quad (1)$$

ただし、 $t_p$ ：洪水到達時間 (min)、 $A$ ：流域面積 ( $\text{km}^2$ )、 $r_E$ ：有効降雨強度 ( $\text{mm/h}$ )。この式で、土地利用係数 $C$ は、市街地で $C = 60 \sim 90 \approx 70$ 程度とされているが、図-3の $C_A = 78$ はこれに近いのが驚異である。五条吉野地区

以外にも  $C_A = 8.0 \sim 7.0$  の値を示す地区が二、三みられるが、いずれも水兼道路整備または道路の不浸透舗装地区である。これについては、バラツキが大きい点をも含めて、今後さらに検討が必要なように思われる。

なお周知のように、式(1)は表面流モデルより得られる式(2)から、地形統計則を考慮して誘導された半理論式である。最近足立<sup>8)</sup>は、農地造成地では式(1)よりも原式(2)に戻る方がよいのではないかと考え、次式(3)を示している。

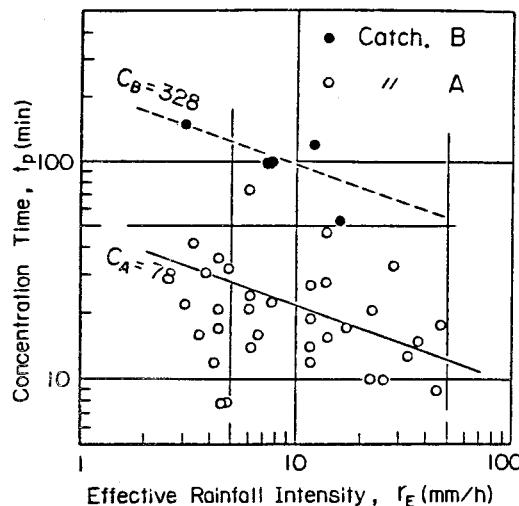


図-3 農地造成に伴う洪水到達時間の変化－五条吉野地区の例（小林ら<sup>1)</sup>）

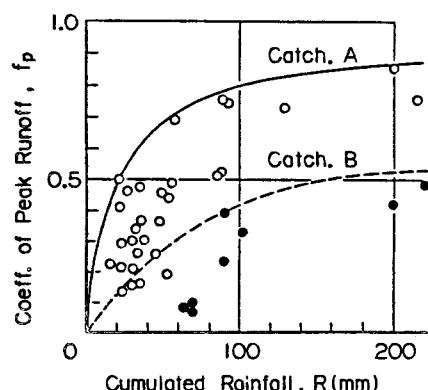


図-4 農地造成に伴うピーク流出係数の変化－五条吉野地区の例（小林ら<sup>1)</sup>）

$$t_p = kB^p r_E^{1-p} \quad (2)$$

$$\div 6B_{80}^{0.6} r_E^{-0.35} \quad (3)$$

ただし、B：斜面長、B<sub>80</sub>：面積確率80%の代表斜面長(m)。面積確率の取り方やハイドログラフとの整合性などの検討が今後の問題として残されている。

b. ピーク流出係数 合理式の有効降雨推定によく用いられるピーク流出係数には、本来の流出率的性格のほかに、降雨波形の影響が多分に含まれ、約束係数的性格が強い。したがって、開発に伴うピーク流出係数の変化は、個々の降雨に対する値よりはむしろ起りうる最大値の対比が重要である。なお降雨波形の影響は、洪水到達時間の概念のあいまいさに起因するもので、今後の攻究に待つべき問題でもある。

c. ピーク流出量 開発に伴ってピーク流出量は何倍になるか、という質問をよく受ける。しかし、その答は降雨規模を限定した上で、慎重に行うべきである。何となれば、極めて小降雨時ほどその倍率は大きく、理論的には無限大になることもあるからである。多くの場合、開発前ピーク比流量1以上、できれば2以上となる降雨に限定することが望まれ、粗い表現では洪水到達時間に逆比例と考えて大きな誤りはない(Rzih式が慣用された20年前では、ピーク流出係数比が答であった)。

## 5. 長期間流出

洪水流出特性に変化を生じると、当然の帰結として低水流不出ないし長期間流出特性にも差を生じる。表-2は、輪島柳田地区における農地造成区(流域A)・未造成区(流域B)の年間

水収支を対比した例である<sup>9)</sup>。同表は、農地造成に伴い総流出量が増加することを示している。ただし昭和58年の流域Aの観測データには問題があるようである。また図-5は月別最小日流出高を対比したもので、流域Aの方が低水流量が少なくなる傾向が見られる。

図-6、7は、角屋らが提案している長短期流出両用モデル<sup>10)</sup>を輪島柳田地区に適用した結果例である<sup>9)</sup>。モデル定数は昭和56年4月16日～12月9日の8ヶ月の資料で同定したが、最下段定数は  $a_5 = 0.00005$  ( $1/h$ )、半減期19ヶ月に固定して同定対象外とした。

図-6はモデル定数同定結果で、(a)、(b)はともに流域Bに対するものであるが、流域蒸発散量Eとして輪島観測所の蒸発計蒸発量  $E_p$  をそのまま用いて  $E = E_p$  とした(a)は、ハイドログラフの再現精度がやや悪いので、 $E = 1.2 E_p$  とした(b)を採用することにした。(c)は造成区のモデルである。これらより農地造成に伴い、表面流・中間流のモデル定数とくに前者が大きく変化しているのが分かる。流域を左右対称の1個の長方形モデルで表現できるものとすると、表面流に関するモデル定数  $a_1$  は次の意味を持つことになる。

表-2 年間水収支(田中丸ら<sup>9)</sup>)

観測年度	1981		1982		1983	
観測期間	4月16日～12月9日		3月11日～12月12日		3月25日～12月18日	
観測日数*	205日		256日		256日	
流域区分	A	B	A	B	A	B
総降雨量(mm)	1547	1634	1534	1539	1490	1638
総流出量(mm)	1193	1023	1067	999	1369	1102
流出率(%)	77	63	70	65	92	67

\* 流域A、Bともに流量の欠測がない日数

$$a_1 = (1+p)^{1/p} \frac{\sqrt{s}}{\beta NB} , \quad p=3/5 \quad (4)$$

ただし、 $a$ ：モデル定数 ( $\text{mm}^{-2/3}/\text{h}^{-1}$ )、 $s$ ：斜面勾配、  
 $N$ ：等価粗度 ( $\text{m}^{-1/3} \cdot \text{s}$ )、 $B$ ：片側斜面長 (m)、 $\beta = 1/3.6$ 、単位換算係数。

上式によって輪島柳田地区の單一ブロックとしたときの等価粗度を概算すると、 $N_B = 1.4$ ,  $N_A = 0.4$  と変化していることが分かる。なおこのモデルの浸透能機構は H o r t o n 型であって、上下限浸透能の変化を評価することもできるが、図-6の結果を見る限り開発による大きな変化はなく、結局農地造成によるピーク流出特性の変化は排水系統整備に伴う洪水到達時間の変化に大きく依存しているといえそうである。

図-7は、上述のように同定したモデルによって、降雨のみを与えて算定した日流出高の再現性と、農地造成の影響を、昭和57年度について調べてみた例である。直接流出高の増大、低水流量の減少の様相が十分伺える。

## 6. 開発と防災

農地開発に際して考慮されるべき防災計画の中心は、水食防止にあるといって過言ではなかろう。これも計画レベル以下の外力条件によって被災することはまず考えにくいから、ほとんど計画規模を超過する外力の規模と、その対策が問題となる。

農地造成区・未造成区の雨水流出の予測法は、なおいくつかの問題を残しているとはいえ、実用的精度ではますますの段階に到達している。したがって問題は過度の表面流・危険な越水流を発生させないこと、土砂崩壊を起こさないことである。過

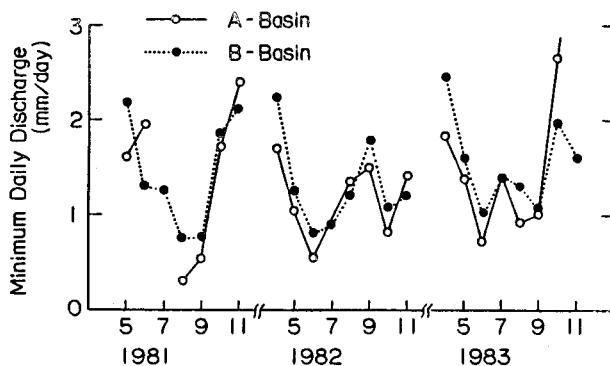


図-5 月別最小日流出高 (田中丸ら<sup>9)</sup>)

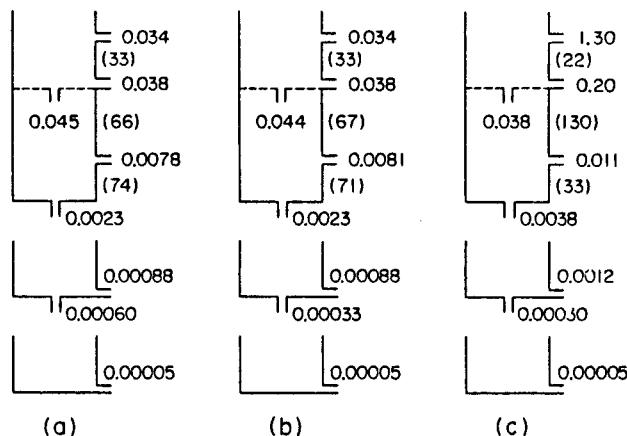


図-6 長短期流出両用モデル、(a)流域B、 $E = E_p$ 、(b)流域B、 $E = 1.2 E_p$ 、  
(c)流域A、 $E = E_p$  (田中丸ら<sup>9)</sup>)

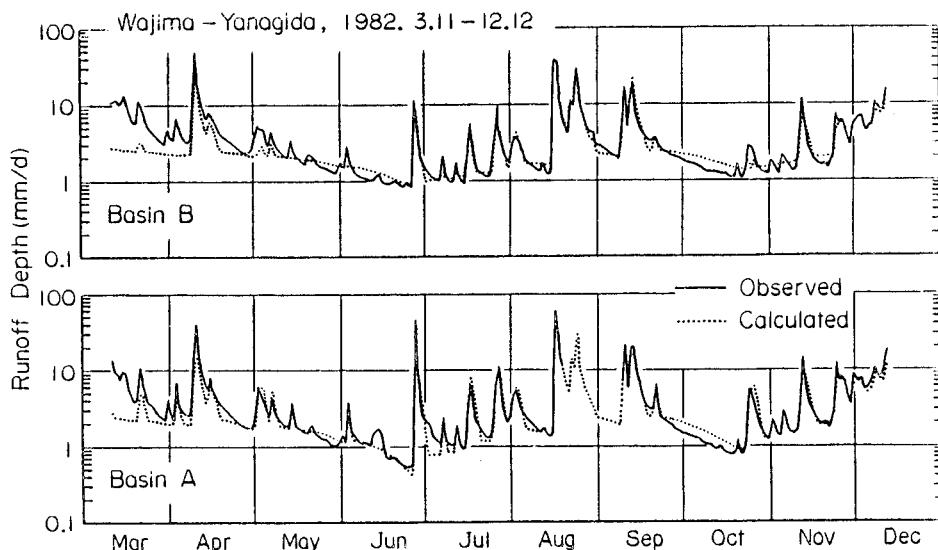


図-7 日流出高の予測と開発効果 (1982年)

度・危険の程度は土性によって異なる。土性とうまくなじまない過小規模のコンクリート構造物が災害の引き金になっている事例も皆無でない。これが、計画基準において地域性が強調されている理由とみられる。

ここ 10 数年の間に急速に進展した土砂水理学・水文学の成果を活用すると、土砂流出量の予測や制御法は、さらに大きく進歩するのではないかと思われる。農地保全ではまだ重要視されていない濁水の予測や制御など、社会ニーズを先取りする成果も、目前にみえているように思われる。

#### 参考文献

- 1) 小林慎太郎・田中丸治哉・丸山利輔：造成農地の流域および洪水流出特性、農土論集 113、1-7、1984.
- 2) 田中丸治哉・小林慎太郎・丸山利輔：造成農地の透水性分布と洪水流出解析、農土論集 113、8-16、1984.
- 3) 杉山博信・角屋陸：山腹斜面における雨水の流下形態、農土論集 114、15-20、1984.
- 4) 角屋陸・福島晟：自然丘陵山地の雨水流モデル定数、自然災害シンポ 15、521-524、1978.
- 5) G. A. Hathaway : Design of Drainage Facilities, Trans. ASCE, 110、697-730、1945.
- 6) V. J. Palmer : Retardation Coeff. for Low Flow in Channels Lined with Vegetation, Trans. AGU, 27、187-197、1946.

- 7 ) 丸山利輔 : 農地開発による水循環の変化、科研費報告、1  
9 8 2 .
- 8 ) 足立一日出 : 農地造成に伴う洪水到達時間とピーク流出係数の変化(発表予定)。
- 9 ) 田中丸治哉・角屋睦・今成康忠 : 農地造成に伴う長短期流出特性の変化、農土学会講要 6 0 、 1 9 8 5 .
- 1 0 ) 角屋睦・永井明博・塙本浩二 : 長短期流出両用モデルの開発改良研究、農土学会講要 5 9 、 1 9 0 - 1 9 1 、 1 9 8 4 .

## 土の侵食性を規定する土壤因子

九州大学農学部 田 熊 勝 利

### 1. まえがき

土の侵食性を規定する土壤因子は過去国内外で多くの研究者によって提案されてきている。しかし土の侵食性の判定指標として確たる土壤因子はないのが現状である。ここに九州地方に存在する有機質火山灰土の黒ボク、花崗岩風化土のマサそして赤黄色土を選択し実験研究を行った。これら試料土は土色或いはその性質に特徴があると考えられる。本報では、黒ボク、マサ土と赤黄色土をグループ分けし、その性質を特徴づけ、土の侵食性に関してその判定指標となる土壤因子を確立することにある。

### 2. 実験内容

a. 侵食実験・・・人工降雨による供試土の侵食挙動の把握には、実験室に設置された降雨タワー、雨滴形成器、傾斜可変型土槽、回転テーブルを用いた。雨滴形成器は水頭によって降雨強度をコントロールすることができる。また、雨滴径は2.4mmであり、雨滴の落下高は150cmであった。なお雨滴径は雨滴を50滴採取し、その質量を測定し、完全な球と仮定して算出した。傾斜可変型土槽は傾斜長30cm、幅10cm、深さ5cmである。

実験方法は、実験前の段階として、4.76mm目フルイ通過の風乾の試料土が2cm深に充填され、下部2cm深に砂を均一に詰めた。そ

の後、土槽を水平にして下流端の排水孔より給水し、飽和させた後、24時間放置し排水した、即ち、水締めの密度状態にて実験を行った。実験は斜面勾配を黒ボクでは8度、マサ土と赤黄色土では15度に設置し、降雨強度（降水量）として50mm/hにて30分間行った<sup>13)</sup>。

b. 粒度試験・・・JIS A 1204 の粒度試験方法とは異なっている。主な相違点をあげると、次の①,②,③,④である。①  $H_2O_2$ による有機物の処理( $hc < 1\%$ )、②分散としてHCl添加によりpH4～3.5か或いはNaOH添加によりpH8～10に調整、③pH調整して分散させた懸濁液を2時間往復振盪、④10分間の超音波処理。

c. 液性限界試験・・・黒ボクについてはJIS A 1205 を適用し、マサ土と赤黄色土については、液性限界がNPとなる土も存在することが考えられるのでフォールコーン法により液性限界を求めた。

d. 団粒分析試験・・・次の2方法にて水中篩別で行った。まず、風乾供試土をそのまま団粒分析試験を行う法と風乾供試土を24時間毛管飽和させて行う法である。

e. 透水試験・・・100ml採土円筒を使用する簡易型変水位透水性測定器にて行った。

### 3. 選択した土壤因子

土の侵食性の判定指標は過去多くの研究者によって提案されてきている。土の侵食性を規定する因子としては、外的要因（降雨強度、斜面勾配、透水性など）と内的要因（土固有の性質）を考

える必要があるが、今回の実験条件として各試料土に対し降雨強度、斜面勾配一定、透水性に関しては一応水締の密度状態での各試料土の透水係数にて行った、故に外的要因については考えないこととした。また、土固有の性質の内、土の侵食性に関係深いと考えられる因子として表-1に示す土壤因子を取上げた。主な因子の算定方法を次に示す。

a. 粘土比・・・粘土分 ( $<5\text{ }\mu\text{m}$ ) / (シルト分 + 砂分)

b. 集合体の安定度 (24時間毛管飽和における) ・・・

$$\frac{(\text{团粒量} + \text{砂量}) - \text{砂量}}{\text{試料土の乾土重} - \text{砂量}} \times 100$$

c. 分散率 ・・・

水分散における  $20\text{ }\mu\text{m}$ 以下の粒子含量 (100 - h c)

試料土の乾土重

$$\times 100$$

完全分散における  $20\text{ }\mu\text{m}$ 以下の粒径分

ところで、h c：有機物含有量。

d. 侵食率 ・・・

分散率

コロイド含量 ( $<2\text{ }\mu\text{m}$ )

pF3.0の含水比

e. 風乾率 ・・・

風乾土による耐水性集合体の含量

$$\times 100$$

毛管飽水による耐水性集合体の含量

f. 団粒係数 (24時間毛管飽和における) ・・・

$$1 \times 10^6$$

各階級の團粒百分率 (%)

各階級の團粒平均直径 (cm)

#### 4. 試料土

試料土は九州地方内の阿蘇、雲仙、由布、霧島火山に由来する有機質火山灰土である黒ボク18試料土。北部九州の白亜紀型花崗

岩類に属すると考えられる福岡、佐賀、熊本のマサ土15試料土、そして頁岩・結晶片岩・安山岩・玄武岩等各種の岩石に由来する赤色土15試料土と黄色土8試料土を選んだ。いずれも試料土は未耕地から採土したマサ土は黄色土の一種と考えられるが、花崗岩風化土として一種類の岩種から構成されているし、全国各地に広く分布し、一群の特殊土と考えた。

### 5. 主成分分析による土の分類

表-1 土壌因子

記号	変数
X <sub>1</sub>	<5 μm
X <sub>2</sub>	<20 μm
X <sub>3</sub>	<200 μm
X <sub>4</sub>	粘土比(<5 μm)
X <sub>5</sub>	集合体の安定度(>53 μm)
X <sub>6</sub>	分散率
X <sub>7</sub>	侵食率
X <sub>8</sub>	風乾物質含有量
X <sub>9</sub>	有機物質限界
X <sub>10</sub>	液性限界
X <sub>11</sub>	pF3.0
X <sub>12</sub>	比重
X <sub>13</sub>	<2 μm
X <sub>14</sub>	<53 μm
X <sub>15</sub>	<2000 μm
X <sub>16</sub>	粘土比(<2 μm)
X <sub>17</sub>	集合体の安定度(>200 μm)
X <sub>18</sub>	团粒係数
X <sub>19</sub>	強熱減量
X <sub>20</sub>	pH
X <sub>21</sub>	log(透水係数)

各試料土に対して表-1に示す土の侵食性に関連があると考えられる土壤因子12変数（X<sub>1</sub>～X<sub>12</sub>）を選び、これらの変数により56試料土を黒ボク、マサ土、赤色土並びに黄色土のグループに分けることが可能かどうか、またグループ分けできるとすればどのような変数が支配しているのかを求めるために主成分分析を用いる。この分析法は全説明変数（土壤因子）の変動を代表できる数個の変量を作り出す方法である。

第1、第2主成分までで累積寄与率を計算すると84%であり、第3主成分までだと89%となっている。主成分の数の決め方には決定的な方法はないが、一つの目安として累積寄与率が80%以上大きくなること、そして固有値が1.0以上であることなどを考慮に入れると第2主成分までで十分である<sup>2)</sup>。

いま各変数の因子負荷量を図-1に示す。因子負荷量において、

二つの主成分だけでその変量がもつ変動を提供している変数は半径 1 の円周に近い位置にプロットされる。第 1 主成分と第 2 主成分において変動を提供している変数は、粘土比、侵食率、風乾率の 3 变数を除く 9 变数である。また半径の 0.8 以上の变数を取上げると、これら 9 变数の他に粘土比、侵食率の 2 变数が加わり、風乾率のみが入ってこない。第 1 主成分と第 3 主成分では、粘土比、風乾率、有機物含有量、比重の 4 变数を除く 8 变数が主たる变数として取上げられる。また半径の 0.8 以上の变数を取上げるとこれら 8 变数の他に粘土比のみが加わってくる。

以上より累積寄与率でも指摘したように第 2 主成分まで土を分類することが可能なようと思われる。また第 1 主成分と第 3 主成分との関係において変動を提供しない变数が第 1 主成分と第 2 主成分との関係より増加したことは、それだけ特徴ある变数が選ばれてい ると考える。

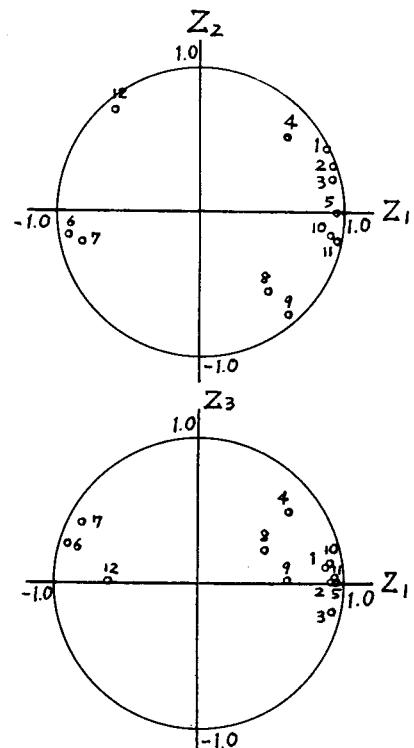


図-1 各变数の因子負荷量

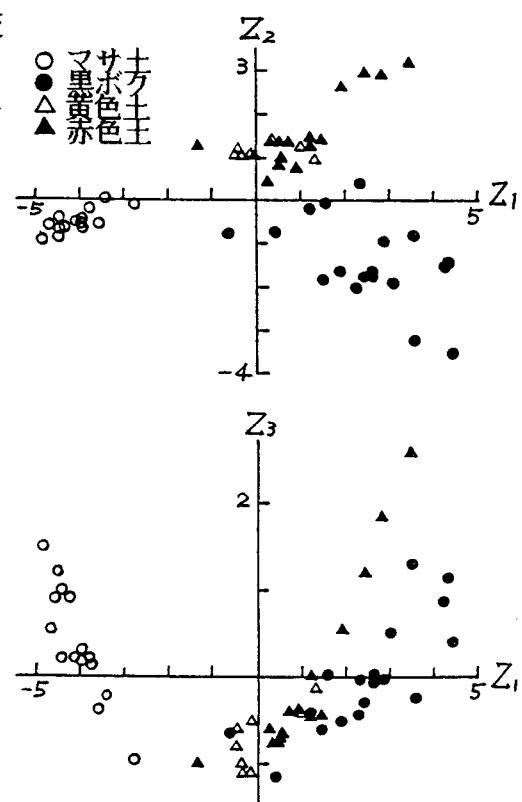


図-2 各試料土の主成分スコア

次にこれら変数による土の分類を行う。各試料土の主成分スコアを図-2に示す。第1主成分軸( $Z_1$ )は粒径組成並びに集合体の安定度を表していると考えられ、砂質土系が負の方に位置している。第2主成分軸( $Z_2$ )の負は有機物含有量と風乾率の土の性質の指向を示しており、黒ボクがこの分類に属する。黒ボクでは、集合体の安定度も大きく、有機物含有量も大きい試料土が第1主成分軸の正、第2主成分軸の負が強い指向がある。マサ土では、砂質系に近い土であると考えられるので、まず第1に粒径組成が取上げられるが、図-1より分散率、侵食率などの指向がでている。マサ土自体では12変数からはほとんど違いがみられない。

赤色土と黄色土はその違いが土色だけで性質はよく似ているといわれているし、また図-2よりほとんどこれら変数からも赤色土と黄色土は区別できないことから考えて、赤黄色土として考えていく。図-2より赤黄色土はマサ土の粒径組成に支配される性質と黒ボクの集合体の安定度に支配される性質とを兼ね備えていると考えられる。図-2から黒ボク、マサ土、赤黄色土はこれら12変数を使用してグループ分けが可能である。そして各グループ分けされた土はそれぞれ特徴ある性質を有しているので、これらの土の侵食性を一つの土壤因子にて判定を下すことは困難であると考える。

次に各土のグループ毎に土の侵食性のための判定指標について考えることにする。

## 6. 水食を規定する土壤因子

### a. 黒ボク・・・この土の特徴である

有機物に富む土であること、また団粒化が他の土に比べて卓越していること等、そして図-1, 2より有機物含有量、集合体の安定度に着目して黒ボクの水食量と土壤因子との関係からその侵食性の判定指標を検討する。

従来、黒ボクの粒度分析は難しく、そして完全分散としてカルゴン、ヘキサメタリン酸ソーダ等の分散剤を用いて粒度分析を行っていたが、正確な粒径組成が求められていたとは言い難かった。そこで前述の粒度試験として①～④の方法を提案し、これを完全分散であると考えた。これまで提案されてきた侵食性の判定指標のための因子並びに団粒化が発達した黒ボクに適すると考える因子を選択し、それらの因子と黒ボクの水食量との比較を試み、黒ボクの侵食性の判定指標として妥当な因子を提案しようとするものである。表-2に選択された変数を示すと共に、各変数と水食量との単相関係数を示す。水食量は集合体の安定度と負の相関があり、相関係数-0.895が得られ1%水準で有意である。また分散率との間にも相関係数が0.882となり1%水準で有意である。そして水食量の対数値は集合体の安定度と相関係数が-0.951となり高位に有意である。その他の因子では侵食率、pF3.0がこれら両因子に続いて有意である。黒ボクの侵食は他の土と比べ特に粒子が団粒として流亡はするものの、その水食量が団粒

表-2 選択された変数

記号	水食量との r
X <sub>1</sub>	-0.397
X <sub>2</sub>	-0.512
X <sub>3</sub>	-0.441
X <sub>4</sub>	0.482
X <sub>5</sub>	-0.895
X <sub>6</sub>	0.882
X <sub>7</sub>	0.781
X <sub>8</sub>	-0.111
X <sub>9</sub>	-0.386
X <sub>11</sub>	-0.679
X <sub>13</sub>	-0.314
X <sub>14</sub>	-0.548
X <sub>20</sub>	0.265

化の発達程度の違いによって支配されていると考える。黒ボクの侵食性の判定指標として集合体の安定度或いは分散率を用いることができると言える。

b. マサ土・・・この土の侵食性を規定する因子としては、この土に属する大部分の土が砂質系と考えられるので、粒径に関する因子がまず第一に取上げられる。その他にマサ土の性質を示す一指標として強熱減量がある。北部九州のマサ

表-3 選択された変数

記号	水食量との r
X <sub>1</sub>	0.672
X <sub>2</sub>	0.838
X <sub>3</sub>	0.850
X <sub>4</sub>	-0.604
X <sub>5</sub>	-0.266
X <sub>6</sub>	-0.307
X <sub>10</sub>	0.548
X <sub>11</sub>	0.761
X <sub>13</sub>	0.393
X <sub>14</sub>	0.857
X <sub>15</sub>	0.316
X <sub>16</sub>	-0.274
X <sub>17</sub>	-0.147
X <sub>18</sub>	-0.705
X <sub>19</sub>	0.716

土の強熱減量値は2.1~5.3%の範囲にある。マサ土の侵食性判定指標を求めるために選択された変数を表-3に示す。粒径組成が水食量と明らかに有意である。粒径組成<5,<20,<200と<53μmがこの順に増加する相関係数をもち1%水準で有意である。このことはシルトと細砂の含量がマサ土の侵食性に関係することを示している。ここで、水食量に大いに有意である粒径組成についてより詳細に見てみる。表-4に水食量と粒径組成との単相関係数を示す。2から200μmまでの間の各粒径区分において相関係数は5%水準以上で有意であり、正の相関がある。また2-20μm粒径組成が最も有意であり、続いて2-53μm粒径組成であった。53-2000と200

表-4 侵食量と粒径組成との相関係数

粒径, μm	粒径, μm	粒径, μm	粒径, μm	粒径, μm
2-5	0.795**			
2-20	0.884**	5-20	0.841**	
2-53	0.867**	5-53	0.815**	20-53 0.694**
2-200	0.809**	5-200	0.767**	20-200 0.629*
2-2000	0.125	5-2000	-0.100	20-2000 -0.469 53-2000 -0.615* 200-2000 -0.818**

\*5%水準、\*\*1%水準で有意。

- $2000\text{ }\mu\text{m}$ 粒径組成はまたそれぞれ5%水準と1%水準で有意であるが負の相関であった。また2- $2000$ , 5- $2000$ , 20- $2000\text{ }\mu\text{m}$ 粒径組成は有意でなかった。以上の結果は $2-200\text{ }\mu\text{m}$ 粒径（シルト+細砂），特に $2-20\text{ }\mu\text{m}$ 粒径（シルト）の含量が水食量と近似的に相関があることを示している。そしてシルトと細砂はマサ土の水食量を増加させるが、粗砂はそれを減少させることが分った。一方表-4より集合体の安定度、分散率は負の相関であるが有意ではなかった。このことはマサ土の集合体が低団粒性であり、そして低安定性であることに基因している。しかし団粒係数は水食量と相関係数が-0.705となり1%水準で有意となった。これは、団粒係数値が団粒分析の結果から求められたものであり、一種の粒径組成からの算定によるものと考えられるからである。

マサ土の水食量は、黒ボクでは有意であった集合体の安定度、或いは分散率よりむしろ粒径組成に相関があることが明らかとなつた。特に $2-20\text{ }\mu\text{m}$ とは1%水準で有意であり、相関係数が0.884である。マサ土の侵食性の判定指標には $2-20\text{ }\mu\text{m}$ 粒径組成が使用できることを考える。

c. 赤黄色土・・・この土は近畿、中国地方から北部九州或いは佐賀県、長崎県の低い丘陵や台地に分布している。赤色土は水はけのよいところに分布する傾向があり、そして鉄の含量が多い母岩からできやすい。また黄色土は排水の比較的悪いところに分布し、そして鉄の含量が少ない母岩からできやすい。赤色土と黄色土は近接して分布しており、土色以外の性質はよく似ている<sup>3)</sup>。

赤黄色土は、土の分類の項で述べたようにマサ土と黒ボクの両方の性質を兼ね備えていると考えられるので、土の侵食性を総合的に考えねばならない。赤黄色土の水

表-5 選択された変数

食量と選択された変数との相関係数を

表-5に示す。黒ボク、マサ土で有意とされた土壤因子はほとんど有意とは認められなかった。ただ23試料土の一試料のみを除くと選択された各変数

記号	水食量との r <sub>A</sub>	水食量との r <sub>B</sub>
X <sub>1</sub>	-0.469	-0.499
X <sub>3</sub>	-0.107	-0.066
X <sub>4</sub>	-0.041	-0.488
X <sub>5</sub>	-0.616	-0.819
X <sub>6</sub>	0.582	0.724
X <sub>7</sub>	0.494	0.578
X <sub>10</sub>	-0.127	-0.536
X <sub>11</sub>	-0.153	-0.464
X <sub>13</sub>	-0.525	-0.602
X <sub>18</sub>	-0.384	-0.703
X <sub>21</sub>	-0.922	-0.921

データ数：A=23, B=22

の単相関係数が大幅に向上去てくる。

特に集合体の安定度は相関係数 -0.819となり高位に有意となる。この一試料土は赤色土に属し、粘土鉱物のスメクタイトを多量に含んでおり、水を含むと膨張性に富み、水食量も大である土である。この特殊な一試料土を含んでの最も有意な変数は透水係数であった。即ち、透水係数が低下すると水食量は増大すると考える。この透水係数の対数値と水食量との相関係数は -0.922であり、赤黄色土の侵食性の判定指標としては十分である。多量のスメクタイトを含まない赤黄色土の侵食性の判定指標としては、集合体の安定度も使用できるものと考えられる。

## 7. あとがき

九州地方に存在する黒ボク、マサ土と赤黄色土の56試料土について、それらの土の性質と侵食性について検討を加えた。その結果、12変数を用いてこれらの試料土をグループ分けすることができる。そしてそれぞれのグループで土の性質に特徴があり、特定

の土壤因子で表現することができる。土の侵食性判定指標としては、黒ボクでは集合体の安定度と分散率であり、マサ土では2-20, 20-53,<53 μ m粒径組成であり、赤黄色土では透水係数であることを明らかにした。

### 引用文献

- 1) 藤川武信, 内田勝利: 土性と飛散侵食について, 農土論集 90, pp.1-8(1980).
- 2) 田中 豊, 垂水共之, 脇本利昌: パソコン統計解析ハンドブック II, p.163(1984).
- 3) 土壤調査研究会編: 九州の土壤, p.82(1982).

## ネパールの丘陵農業と土壤保全

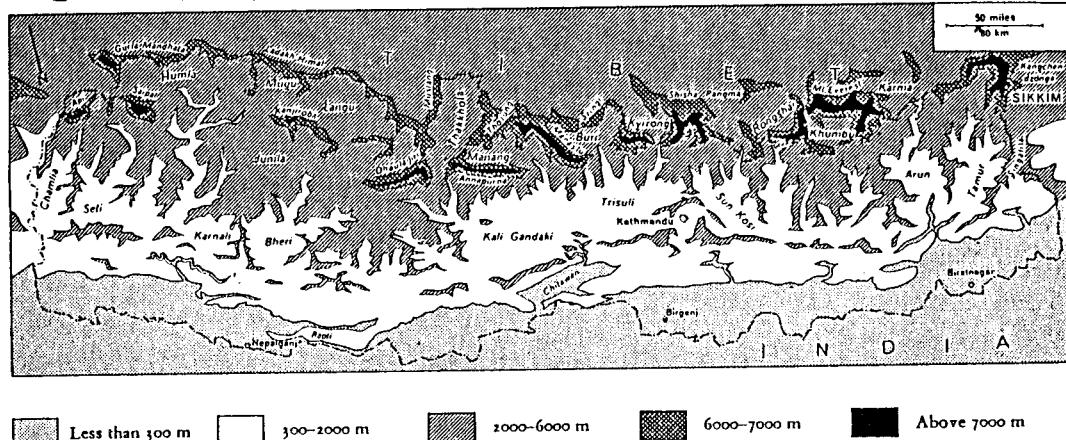
### —開発途上国の一例—

国際農林業協力協会 杉 頴 夫

#### 1 ネパール概観

ネパールは東西約800km、南北150～250km、南北の高度差はテライ平野からヒマラヤ山岳地帯まで8,000m＝13山（図1）。年降水量の85～90%が雨季に集中（6～9月）する典型的なモンスーン地域である。国土面積14万km<sup>2</sup>、人口約1,340万人（1980）、その90%が農業人口である。1956年以降整備開発計画を進め、現在

図1. 测高図



出所：Hagen T. (1959) Nepal

第6次計画（1981～85）が進行中である。第4次まではテライ平野が開発の中心であったが、人口の66%，耕地面積の40%を占める丘陵地域(hill area)の開発は第6次に至って最優先的地位を得た。全国土は5開発地域と3生態地域(Ecological region)に区分され、農業については後者による方が理解し易い（図2）。国土利用区分は荒地・裸地及び永久積雪地など農耕不適地が約1/3を占

める(図3)。

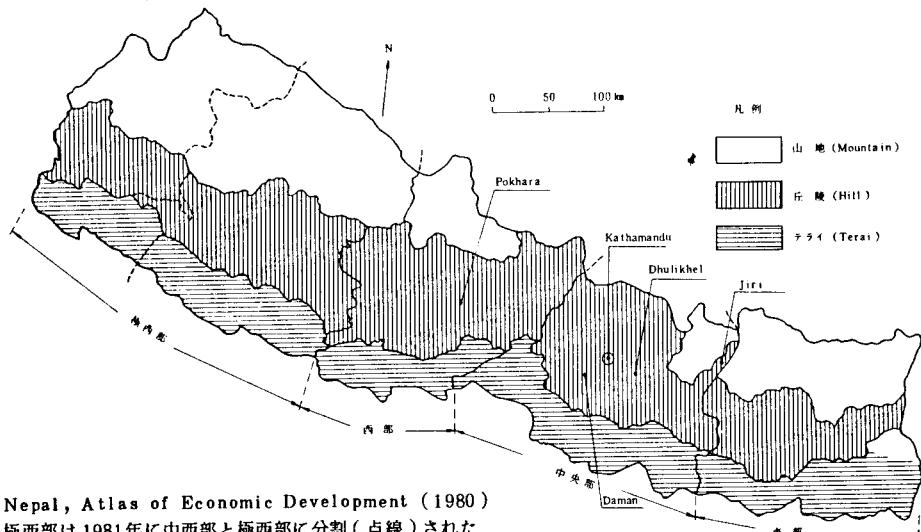


図2 開発地域・生態地図区分

多くの途上国との例に洩れず、人口圧  
のため森林(飼料、燃料源などもある)  
は猛烈なスピードで減りつづけ、1975  
年以降の5年でも25万haが耕地拡大の  
ため失われた。年率1.7%の減である。  
同期間の人口増は2.3%，食糧増は2.1%

であった。森林伐採がこのままの勢い  
では、あばく丘陵地域の森林は今世紀末までに全て消滅するだ  
ろう。

## 2. 耕・畜・林一体の丘陵農業

丘陵地域は標高500~2,500m、亜熱帯~温帯気候下にある。その主要作物を全国比でみると、トウモロコシ(61%)、シコクビエ(11%)、ハレインヨ(59%)のウエイトが高くイネは少々(16%)。(表1)  
作付の基本型はトウモロコシ/シコクビエ—休耕、同一小丘

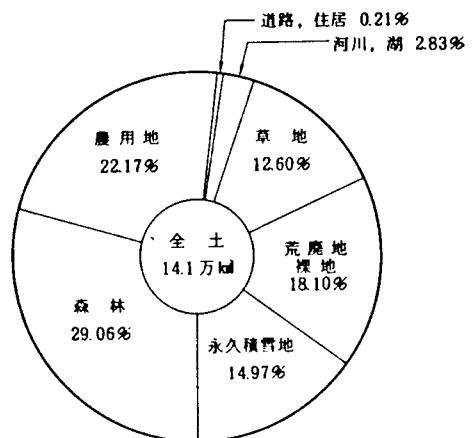


図3 土地利用(1980)

出所: M.D.Joshi, Environment of  
Nepal (1981)より作成

であり、これにツバ、豆類、オイルシードなどが加わり、間作、混作、リレー作なども農は作付様式がみられる。しかし単收はこの10年未だ打ちか価格傾向である。

表1 主要作物の生態地域別の作付面積(1,000ha), 生産量(1,000トン), 収量(kg/ha)(1977/78)

作物	生態地域区分	テライ			丘陵			山地			計(又は平均)		
		面積	生産量	収量	面積	生産量	収量	面積	生産量	収量	面積	生産量	収量
イネ		1,033.9	1,752.8	1,690	202.8	43.7	2,730	27.3	55.9	2,050	1,264.0	2,282.4	1,800
トウモロコシ		130.4	219.1	1,680	273.0	452.3	1,660	41.5	69.1	1,660	444.9	740.5	1,660
コムギ		242.0	265.5	1,100	110.9	114.2	1,190	13.3	11.6	870	366.2	411.3	1,120
オオムギ		6.0	4.3	710	10.2	9.9	970	9.3	8.2	880	25.5	22.4	880
シコクビエ		18.9	17.6	930	85.9	93.1	1,080	16.3	18.8	1,150	121.1	129.5	1,070
バレイショ		8.6	53.3	6,200	29.6	157.2	5,310	12.2	60.6	4,970	50.4	271.1	5,380
サトウキビ		21.0	360.0	17,140	1.8	26.0	14,440	-	0.9	-	22.8	386.9	16,970
オイルシード		103.1	63.5	620	28.7	14.4	500	1.3	0.5	380	133.1	78.4	590
タバコ		7.6	5.8	760	0.3	0.2	670	0.1	-	-	8.0	6.0	750
ジュート*		31.5	38.5	1,220	1.6	1.6	1,000	-	-	-	33.1	40.1	1,210

出所: Hand Book of Agricultural Statistics of Nepal (1980) \*: 1973/74

次に家畜は及すう家畜(牛, 水牛, 山羊, 羊)が全口で1,650万頭で人口よりも多く(表2),

東南, 南アジアでは単位人口當りでは最高の密度である。丘陵地帯ではとくに密度が高く頭数ではいがとも全国の過半数を占める。家畜は役用, 鹿肥, 農民の蛋白源として重要な役割を担うが, 問題はその飼料源をどこに求めるかである。

表2 家畜頭数(1,000頭)

家畜の種類		頭数
雌牛	乾固	2,946
	搾乳	420
	小計	3,366
雄牛		3,411
水牛	雌(乾固)	2,019
	"(搾乳)	992
	雄	993
	小計	4,004
羊		2,397
山羊		2,412
豚		364

出所: Statistical Pocket Book (1982)  
Central Bureau of Statistics, Nepal.

農耕地内に専用の飼料畑と設計の余裕は全くない(表3)。雨季には田畔雑草, 放牧地, 林内放牧, 飼料木(fodder tree)などと並んで充足されているが, 乾季(11~5月)の確保は容易ではない。とくに緑飼料(green fodder)は極度に欠乏し家畜の体制維持量を下回るから, この4ヶ月間はほとんどの半飢餓状態となって宋

表不良による疾病、内寄生虫のため生産性は著しく損なわれる。同時に TDN の充足率は年々を追って 54% にまで下り (表 4)。飼料木は乾季の唯一の総飼料であるが、過度の枝折れで傷め付けられてゐる。飼料木の採取は森林生態系を構成する樹種そのもの、奪取である。その上森林は森林序位林内枝折れによってはげしい放牧圧をうけ、森林の牧養力は毎当に 0.3 家畜単位にあきらめのに丘陵地帯ではこの 9 倍もの過放牧も稀ではない。このような作物、家畜、森林の有機的な結合が典型的に現われてゐるのが丘陵地帯であつて、この 3 者は独立して機能していくシステムとはなつてゐる (図 4)。

### 3. 土壌侵食と

#### その保全

土壌侵食は以上のような背景の下で年々そのはげしさを加えつゝある。

森林・土壌保全省

の M. D. Joshi によると

ヒマラヤ山脈の河川によつて運び去られる土壌は毎年 2 億 4000 万

表 3 丘陵地域における反すう家畜の資料源の割合 (%)

飼 料	1970	1980
農耕地 (Cropland)	27	28
放牧地 (Rangeland)	35	34
森林 (Forest)	22	23
荒地 (Wasteland)	16	15
計	100	100

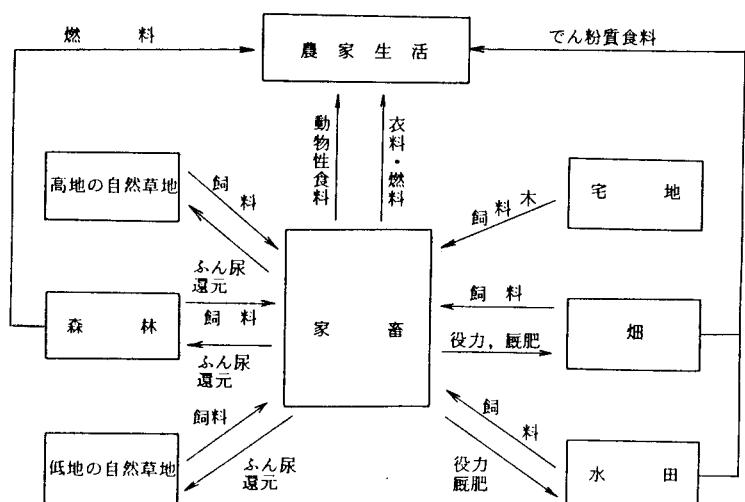
出所: H.B. Rajbhandary and S.G. Shah, Trends and Projections of Livestock Production in the Hill (1981) より作成

注) 農耕地の飼料源は、作物残渣、畦畔雜草など

表 4 丘陵地帯における反すう家畜に対する TDN 量 (1,000 トン)

区 分	1970	1980
適正栄養に対する TDN 要求量	6,168	5,602
利用可能 TDN	3,308	3,014
要求量に対する充足割合 (%)	53.6	53.8

出所: 表 3 に同じ



出所: 渡辺昭三, ネパールの農業 (III-1-6) (1981)

図 4 家畜の飼料構造を中心とした農業生産システム

ml<sup>3</sup>であり、この土壌は "no return" やバンガラテ"シヒインドに"輸出"している。そしてこれと、もはN, P, K 3要素のロスは34カトンに達する。

モンスーン期にテライ平野に流れ込む泥流は河床を毎年15~30cmも押し上げて洪水をおこし、農耕地や住居を押し流す。風光明媚なホカラの Perva 湖は50年後には泥土で埋まり、Kulekani 災害時のダムも同じ運命をたどるに至るといわれている。

### (1) 土壌の侵食性

ネパールでは土壌侵食量の実測値や土壌分析値は極く一部の地区のデータに限られていて全国的規模で土壌の侵食性を考察できない。こ、では U.S.L.E. を用いて計算された首都カトマンズ周辺の丘陵地のデータを示す(表5)。K-value(表層土)は畠地で0.56放牧地0.45,

表5 土地利用の違いによる土壤の性質とK-value(計算による)

土地利用	K-value	土層	深さ(cm)	土色	土性	土壤構造	透水性	有機物含量(%)
灌木林地 0.33, 有機物含量も	0.56	Ah	0~20	淡褐	silt loam	細粒状	中~速	1.38
	0.65	Bv	20~80	明黄褐	silt loam	中・粗粒状	中	0.36
	0.65	IA	80~100	黄	loam	均質状	遅~中	0.44
畠地→放牧地 →灌木林地の	0.45	Ah	0~10	黄褐	loam	中粒状	中	2.23
	0.51	Ah	25~30	黄褐	loam	中粒状	中	1.25
	0.60	AC	40~70	極淡褐	sandy loam	細粒状	中~速	0.26
	0.70	C	80~	明灰	sandy loam	均質状	遅~中	0.23
畠地→灌木林地 →灌木林地	0.33	Ah	0~20	黄褐	silt loam	細粒状	中~速	3.24
	0.47	AC1	35~45	褐黄	silt loam	細粒状	中	1.30
	0.65	AC2	65~70	明褐	silt loam	均質状	遅~中	0.67

出所: K.D. Petzer et al (1978/79), J. Nepal Research Center, 16/2/3より作成

地の表層土は

畠地、放牧地に比し侵食性は近く侵食に対する比較的強い。しかし下層土のK-valueは0.6~0.7、有機物含量も少なくて、土性も silt-loam ~ sandy loam、透水性もよりから表層土よりも侵食に弱い。土

土壤理の不適切な耕地や過放牧草地で下層土が露出すると侵食は一段と加速されて耕地、草地の放棄、荒廃につながる。

## (2) 降雨の侵食性

年降雨量は大きくにみると西部のポカラ附近が3,500mm、東南部が500~1,500mm、東南部が1,000~3,000mmであるが、地形が複雑のため降雨分布は極めて変異が大きい。降雨の侵食性に関する計算値(表6)によると侵食性降雨の多い月は5~8月、とくに7月が危険期である。しかし強度の大きい降雨はフレモンスーン期の5月に多い。この時期は土地の乾燥してくる乾季から雨季の始まりに当つているが、作物による土地表面のカバーも少はないので、上げしりrun-offや土地流失を起こし易い。またR-factorは年次回復動が大きい。

表 6 月別の降雨条件 (Kathmandu, 1971-1976)

月	R-factor <sup>1)</sup>	侵食性降雨の <sup>2)</sup> 平均回数(回)	平均降雨量 A (mm)	侵食性降雨の <sup>3)</sup> 平均降雨量 B (mm)	B/A × 100
1	-	-	17.6	-	-
2	0.32	0.2	18.3	0.8	2.6
3	1.27	0.3	31.4	3.3	7.1
4	1.67	0.8	60.9	4.1	10.4
5	8.34	2.2	97.3	20.5	21.6
6	10.19	3.2	284.4	25.9	8.5
7	25.32	5.0	375.4	63.9	16.7
8	15.69	3.7	299.2	40.0	12.1
9	7.38	1.3	195.7	18.7	7.4
10	14.6	0.5	65.1	3.8	13.4
11	0.41	0.2	5.9	1.1	6.9
12	-	-	1.9	-	-

5 (表7)。

## (3) 倾斜度、斜面長

丘陵地域はほとんどが急傾斜地であり、耕地はすべて畠畠地ばかりである。畠畠の傾斜は4%以下で斜面長も4~5m以下が多いので侵食に及ぼす傾斜、斜面長の影響はかなり軽減されている。

1) Hudson (1973)による KE > 1 factor

2) 25 mm以上の降雨の平均回数

3) 25 mm以上の降雨の平均降雨量

出所: K. D. Fetzer et al (1978/79), J. Nepal Research Centre, 162/3

L S-factor は  $\frac{R}{K}$

烟工によつて

3.24から0.34,

12.43から1.82

へと低くなる

(表8)。

表 7 Kathmandu における降雨係数

年	R-factor <sup>1)</sup>	侵食性降雨 <sup>2)</sup> の回数(回)	降雨量(mm)	侵食性降雨の <sup>3)</sup> 降雨量(mm)	降雨量に対する侵 食性降雨の場合(%)
1971	3.8.9.5	1.6	1.5 1 1.3	1 0 0.1	6.6
1972	5.6.2.5	1.3	1.2 6 1.4	1 4 3.2	11.7
1973	1.2 2.2.0	2.6	1.7 9 9.8	3 1 1.4	17.3
1974	4.9.5.9	1.3	1.1 9 8.5	1 2 7.1	10.6
1975	6.5.9.7	1.8	1.4 2 7.5	1 6 5.3	11.6
1976	9.9.2.6	1.7	1.4 9 0.6	2 4 5.3	16.5
平均	7.2 0.4	1.7.2	1.4 4 8.2	1 8 2.1	12.3

1) Hudson (1973) による  $KE > 1$  factor

2) 25mm 以上の降雨の回数

3) 25mm 以上の降雨の年間降雨量

出所 : K.D.Fetzer et al (1978/79), J.Nepal Research Centre, No 2/3

#### (4) 作物管理

表 8 可能な土壤侵蝕防止対策と土壤侵蝕量の予察

(トウモロコシ作付階段畠)

土壤保全 対策	R-factor (1971-76)	K-value	LS-factor	階段畠の 最大幅(m)	階段畠の 傾斜(%)	C-factor	土壤流亡量 tons/ha/year
1*	7.2 0.4	0.5 6	3.2 4	9.1	2 0	0.5 6	18 0.8
1a**	7.2 0.4	0.5 6	0.3 4	4.6	4	0.5 6	19.0
1aa**	7.2 0.4	0.5 6	0.3 4	4.6	4	0.3 5	1.9
2*	7.2 0.4	0.5 2	1.2 4 3	11.5	6 3	0.5 6	64 4.0
2a**	7.2 0.4	0.5 2	1.8 2	6.1	3 3	0.4 2	7 0.7
2aa**	7.2 0.4	0.5 2	0.1 2	1.2	4	0.3 5	3.9
3	7.2 0.4	0.4 5	1.3 0	—	—	0.0 1	1.0
4	7.2 0.4	0.4 5	6.0 0	—	—	0.0 1	4.5

\* 現状 \*\* 可能な土壤侵蝕防止対策を講じたもの。

a, aa 対策の違い、数字の下のアンダーラインは対策によって変化したものと表わす。

出所 : K.D.Fetzer et al (1978/79), J.Nepal Research Centre, No 2/3

トウモロコシ

の種類は 2 ~ 5

月でこの時期の

畠ほど人と裸

地に近い。侵食

もうけ島 6 ~ 8 月は茎葉カバーのある時期に当るが、この時期

に作物残渣のはい場合の C-factor は 0.56, ある場合は 0.35 ~ 0.27

で残渣の侵食防止効果は大きい (表9)。

#### 販烟工による LS-factor

表 9 Kathmandu における C-value (トウモロコシ)

処理	収量 (ブッシュル/エーカー)	C-value
作物残渣除去	4.0	0.423
作物残渣除去	2.5	0.557
作物残渣残留	4.5	0.349
作物残渣残留	7.5	0.267
放牧地	—	0.010

出所 : K.D.Fetzer et al (1978/79), J.Nepal Research Centre, No 2/3

(表8, 保全対策の 2a,

2aa)。

はお最も低い調査であるが、土地利用のタイプによつて土壤侵  
食に著しい相違があり (表10), 販烟工も 20% 近い傾斜があるヒ  
水平の場合の 2 ~ 4 倍の土壤流亡がある。

## 4. 現地にみる土砂侵食

表 10 土地利用の相違による土壤の流失

土地利用のタイプ	土壤の流失(トン/ha/年)	
	段	畑(水平)
畠 (傾斜)	8 ~ 12	13 ~ 40
草地 (Range)	7 ~ 35	6 ~ 20
森林	12 ~ 200	10 ~ 60
限界侵蝕地 (ガリー, 地すべり)	12 ~ 150	
小道 (Trails)		
道路 (Roads)		

(1) Jiri 村 標高は  
1,800m ~ 2,300m 前後、 年  
平均気温 14°C, 年平均降

出所: M.D.Joshi, Environment of Nepal (1981)

雨量 2,300mm (6~10月にこの 87% が集中) (図5)。

土砂は褐色森林土、赤褐色土が主で有機物含量は少ない。土砂構造の発達も良くない、土砂の分散性は高く透水性も低くから侵食しやすい。般畑法面(高さ 1~1.5m)は草つきか石積み。

作付の主体は

トウモロコシ

シコクビエ

コウキ, 代芋

肥料は施肥用,

厩肥も 10a 当

= 100kg 程

度。

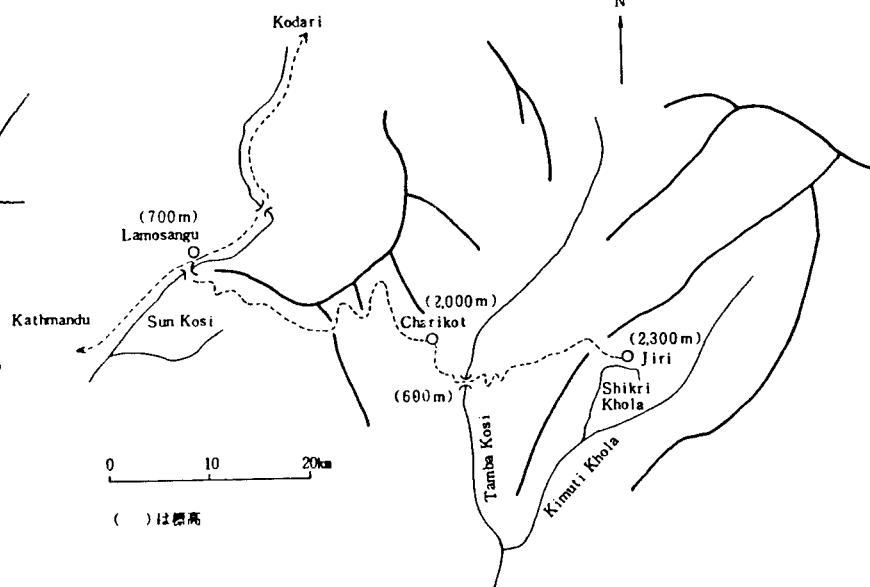


図5 Lamosangu~Jiri 概略図

土砂保全上の最大の问题是畑の排水路による小さな倒灌からの溢水と、(1)わゆる river bank slide による畑地の崩壊である。これは集落をマイクロ集水域とした場合、農家間に協同の意識が薄く、計画的に排水路を設けたことが困難なためである。

(2) Panchikhal 村、標高 1,500m の山稜から 800m の盆地までを含む Jhukhu リー集水域にある。年平均気温 20°C, 年平均降雨

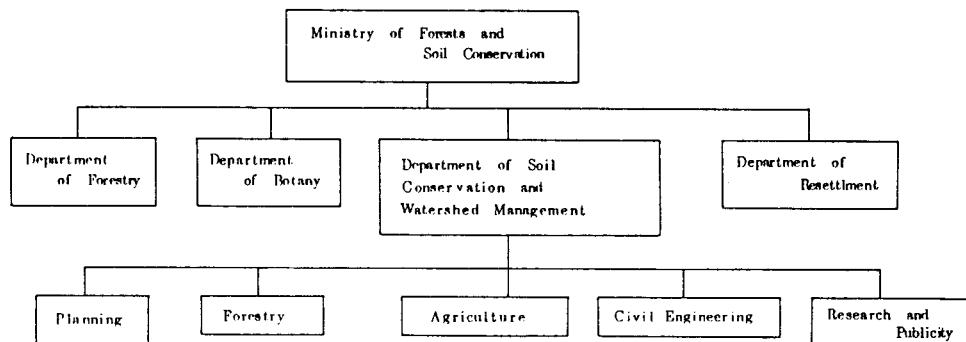
量 1,400 mm。土壌は赤色土、粘質の粗粒土。土壌構造の発達悪く透水性も不良。ガリー、地すべりが隨所にみられる。ガリーには石積みチェックダム及び周辺の保全植林 (Soil & Tree) が展示的に実施されている。盆地をヒリモく急傾斜の山腹には牛道、山羊道が縱横に走り侵食を助長している。荒廃した畠や草地には forest-killer と俗称される雑草 barnara や xero-type の多肉植物が侵入している。

### 5. 行政機関とその活動

土壌侵食は作物、家畜の生産性を低下させばかりではなく、社会経済全体に大きなストレスを強化している。従って農民はもとより政府の侵食に対する関心も高い。

1974年に森林省は始めて土壌・水保全局が設置されたが、1980年に土壌保全・流域管理局、森林省は1981年に森林・土壌保全省と改称され現在に至っている(図6)。

図 6 The Organization Chart of Ministry of Forests and Soil Conservation



また1982年には土壌・流域保全法 (Soil and Watershed Conservation Act) が制定された。森林・土壌保全省は関係

の各省と協同し、世銀、西独、スイスなどの援助をうけて現在

i) 流域総合管理、ii) 農村総合開発、iii) 資源賦存量調査とモニタリングの3プロジェクトを実施している。これらプロジェクトは2～5のサブプロジェクトから成っており、その1、2の例をあげる。

#### i)-4. Bagnati 流域プロジェクト

カトマンズ盆地の3つの郡を対象とし、事業内容はダム、急流コントロール、保全植林である。

#### ii)-1 Raswa-Nuwakot 土砂保全プロジェクト

ネパールで最初の農林開発プロジェクトで土砂保全は当初から実施している。事業内容は道路、小道、貯水池などのインフラストラクチャーの保全である。

### 6. むすび

かつて農民は森林をかれらの耕地の延長とみなし、薪や飼料の供給量と森林の天然更新速度との間にアンバランスが生じるよう細心の注意を払い、村々はこのための森林保全管理のシステムをもつていた。しかしこのシステムは1957年に森林が国有化されたときに崩壊してしまった。このため自然生態系は本来の機能を失い農業とヒリオム環境は急速に悪化した。

土砂侵食はこのプロセスのほかであることは固有であり、あるいは果と云ふこと、とくに丘陵地域で顕在化している。

ネパールの農業は人口増加→食料不足→森林伐採による耕地拡大という悪循環をくりかえす結果となつた。この悪循環を断ち切

の根本対策は森林の復活にある。植林はまだ余地木、薪の確保のため集落周辺部から着手することである。これは生態系のバランスの回復、つまりは耕、草地の肥沃度の向上につながるであろう。しかし森林・土壌保全省の努力にもかかわらず森林の復活は遅々としているが、1980年に住民参加による共有林計画（Community Forest Program）がスタートし丘陵地域にもこの共有林が芽生えつつある。

ネパールの土壌保全対策は作物、家畜、森林が有機的に結合しバランスを保つものでなければならぬし、農業の発展もこれとペースを保つければ期待できるであろう。

## 島根県における斜面災害の特徴

—特に昭和39・58年豪雨災害の実態から—

島根大学教育学部 三 浦 清

### 1. まえがき

昭和58年7月22日から23日にかけての石見地方の豪雨は実に数万箇所の斜面前崩壊を発生し、それによる人命・財産の損失には著しいものがわかつた。

この際に見られた斜面前崩壊は誘因としての降雨パターンに一つの特徴があつたが、素因としての岩石の風化変質、地形面にもまた重要な原因が存在しているようと考えられる。これらの点についてその概要を述べるとともに、このような見方を昭和39年7月豪雨時における斜面前崩壊にも適用し、島根県における斜面前崩壊の実態から、斜面前崩壊そのもの、発生メカニズムと予測について述べみたい。

### 2. 昭和58年7月石見災害時における降雨パターン

昭和58年7月石見災害時の降雨は7月20日から断続的に降りはじめ、7月23日まで続いたが、特に7月22日の夜半から翌23日朝までの降雨は集中豪雨となって連続し、斜面前崩壊を多発した。

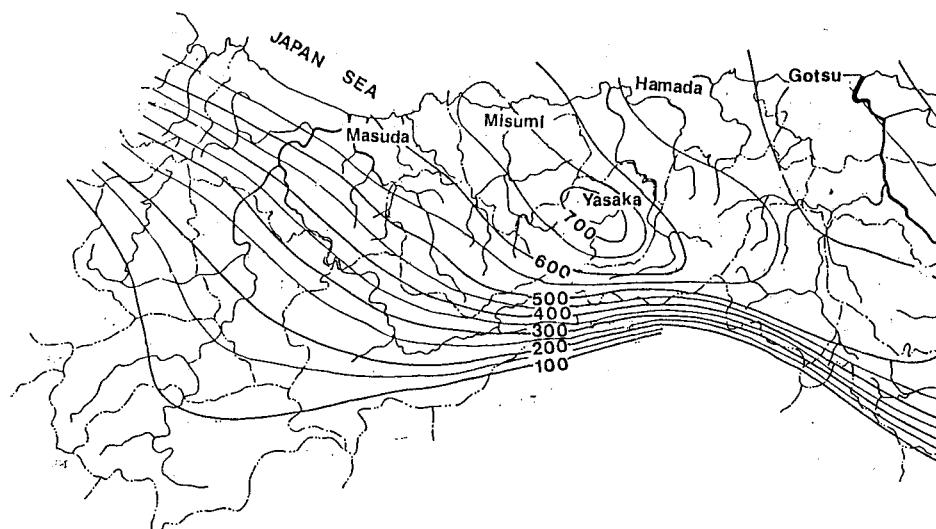


図-1. 昭和58年7月20日0時から7月23日24時までの4日間降雨量分布(島根県耕地一課資料)

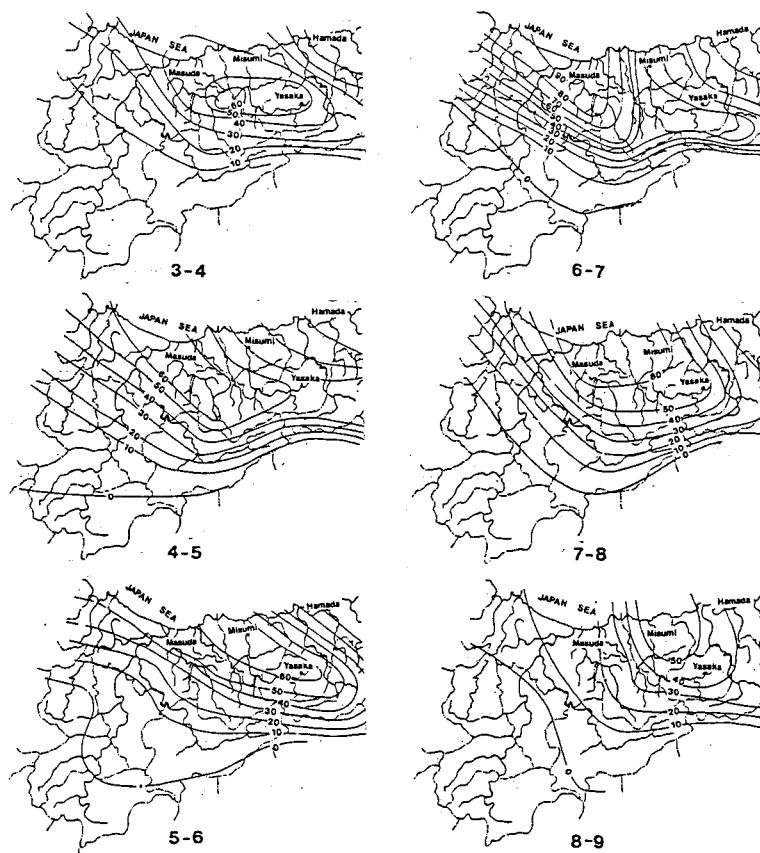


図-2. 昭和58年7月23日の石見西部における時間雨量分布(島根県耕地一課資料と改変)

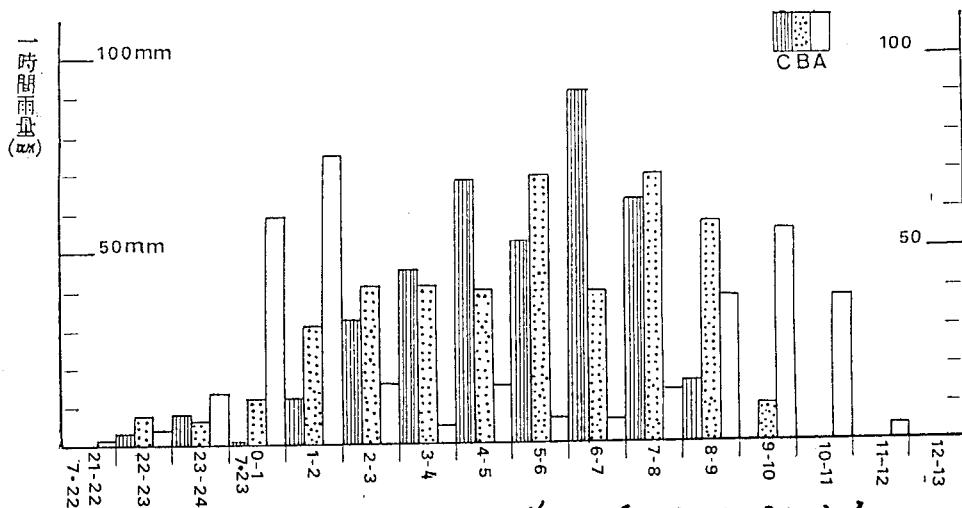


図3. 汎田(A), 三隅(B), 益田(C)における  
1時間雨量変化

図-1はこの4日間の降雨量分布図である。降雨量の最大は那賀郡弥栄村で722.5mmを達した。なお、那賀郡三隅町658.5mm、益田市城川で585mmであった。斜面崩壊を多発した7月23日の時間雨量の地域的な変化は図-2に示される。3~4時では時間雨量最大の中心は三隅と弥栄の間にあってその値は60mmを越している。4~5時の時間雨量最大の中心は益田方面に移動してその値も益田で68mmとなつていて、次の5~6時ではその中心が三隅と弥栄を結ぶ位置に移動し、三隅で69mmとなつていて。次の6~7時には中心が再び益田方面に移動し、益田で91mmとまさに記録的な降雨量を示した。7~8時の1時間では降雨の中心は益田と三隅を結ぶ海岸線近くにあって、益田で63mm、三隅で69mmとなつて、8~9時の1時間では雨量も次第に減少していく三隅で57mm、弥栄で45mmとなり、益田では16mmとなつて

始んど雨は入ら。9~10時の1時間では益田で0, 阿榮で5.5mm, 益田で10mmとなりて降雨量は急に少なくなつたが、中心が浜田へ移動し、浜田における9~10時の1時間雨量は55mm, 10~11時のそれは38mmと逆にこれらに向かって雨量を増加した。図-3は浜田(浜田市大辻町), 三隅(三隅町), 益田(益田市あけぼの東町)における7月22日の21時から7月23日13時までの1時間雨量の変化を示したものである。

以上の降雨パターンの特徴は著しい時間雨量をもつて阿榮, 三隅, 益田地区に集中豪雨がしかも長時間にわたって居坐つたことである。

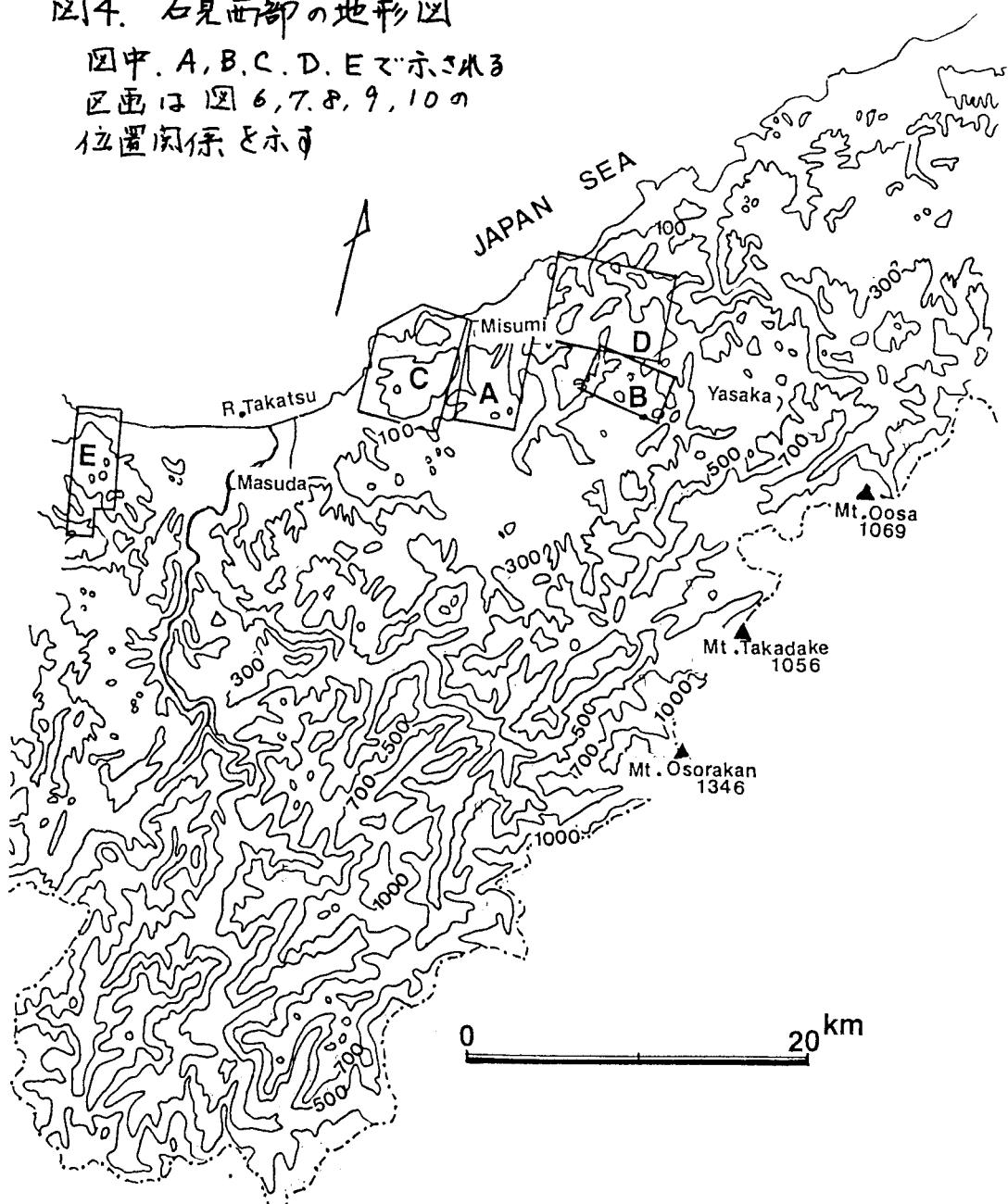
このような降雨パターンこそ、斜面前壁と多発するくふさわしい誘因となつたものとかられる。

### 3. 石見西部における地形的特徴と崩壊発生の位置

図-4は石見地方西部の地形図である。この図の中でも極めて明瞭なのは300m以下に益田へ三隅間で広い面積が分布することである。また、阿榮方面に顯著に見られる300~500mの小起伏平坦面もまた注目される。また、900m以上にも小起伏平坦面が分布することはよく知られている。図5はこの地方の接峰面図である。この図においても300から100mにかけて広く平坦面が分布しているのがわかる。この範囲には後述する洪積世初頭の都野津層が比較的広く分布し、この地形面は都野津層と切つてある。この

#### 図4. 石見西部の地形図

図中 A, B, C, D, E で示される  
区域は図 6, 7, 8, 9, 10 の  
位置関係を示す



小起伏平坦面は都野津面とも呼ばれ、山陽側における瀬戸内面に  
対比される。都野津層が洪積世初頭の堆積物であることから、  
この侵食面は洪積世以降に形成されたものであらう。

次に、接峰面図では三隅から益田南方にかけて 300~500 m

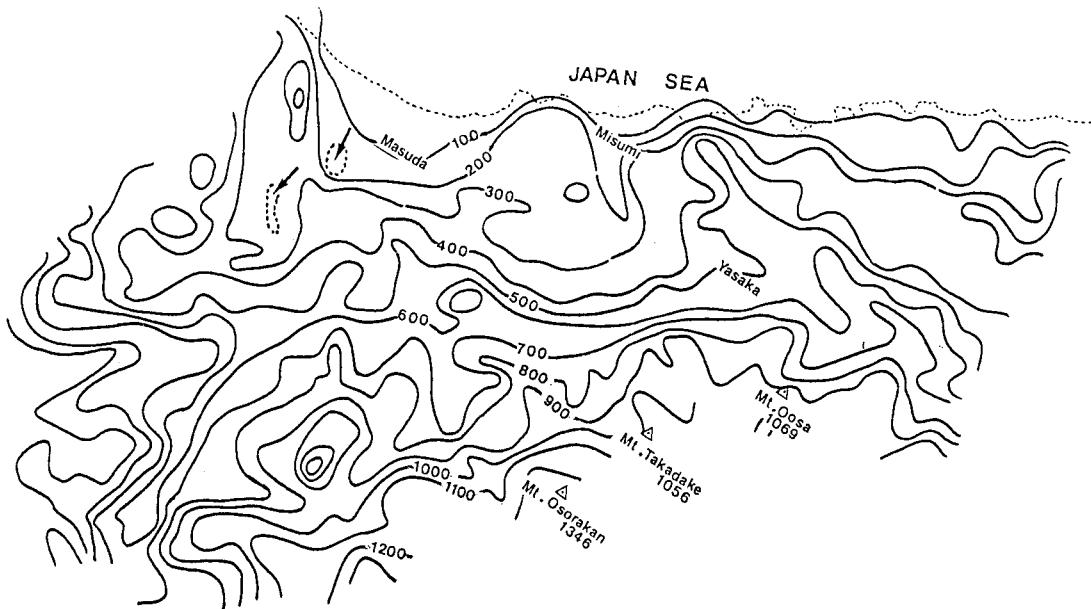


図-5. 島根県西部の接峰面図

間に小起伏平坦面が認められる。これに対して弥栄周辺から三隅東部にかけて500～700mに平坦面の発達が認められる。これらが眞の石見高原面と呼ばれるべきもので、前者が世羅台地面、後者が吉備高原面に対応されるものである。この世羅台地面や吉備高原面に対する石見高原面は、都野津面上に一段と突出し、いわゆるマナドノツク状の地形を呈する。

よく知られてゐるようく、脊稜山地にはこれらの平坦面とは全く別の小起伏平坦面が分布する。天羅漢(1346m)、大佐山(1069m)などはそのような平坦面上の山頂部である。

図-1、図-2の雨量分布図を重ねてみると斜面崩壊を発生せしめた降雨は、まさに図-5における都野津面、世羅台地面、吉備高原面上に降つたことになる。この事は極めて重要な意味をもつ。

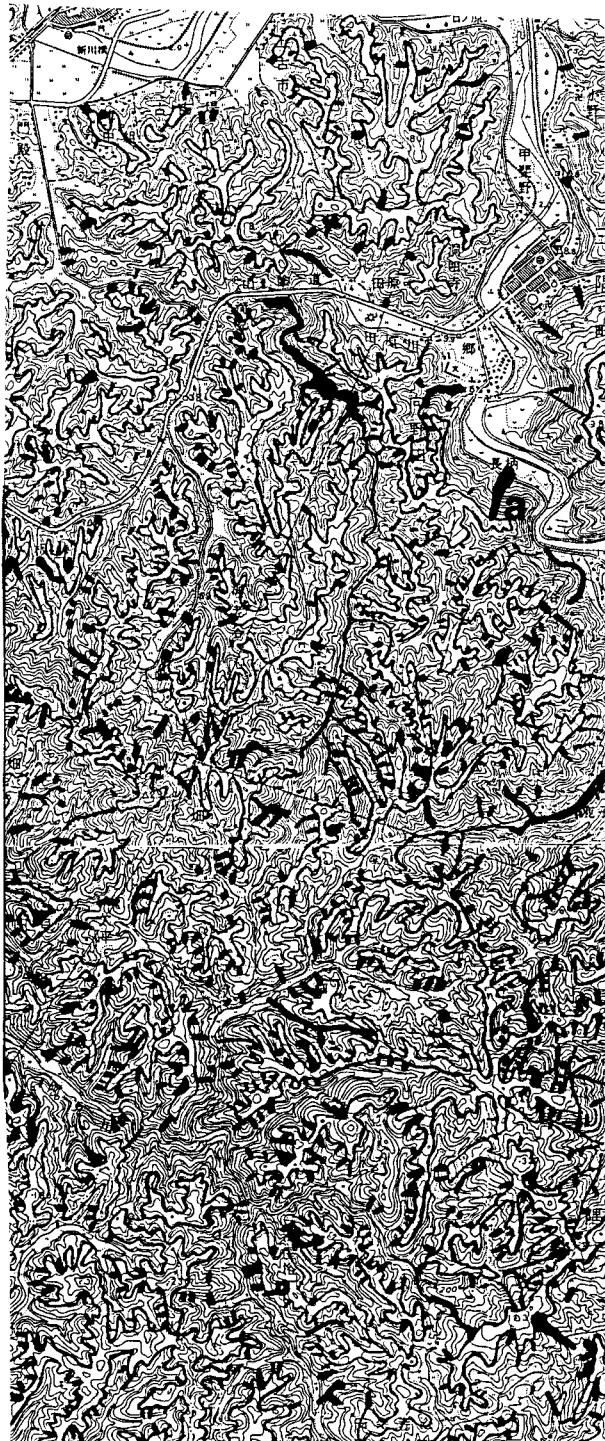


図-6A 三郎变成岩

類地帶の斜面崩壊

○：小起伏・平坦面で  
主として山頂部に  
残存する

～：崩壊地帯

図-6Aは図-4のA区域に相当する地域の斜面崩壊を示したものである。主として山頂部は小起伏・平坦面が明瞭に残存する。山頂平坦面の標高は南部では約300m、日本海沿いには50m程度となつて一般に南から北へ次第にその高さを低下する。

図-6Bも三郎变成岩類からなる地域の斜面崩壊を示したもので図-4のB区域に相当する地域である。標高200~300mの山頂部に小起伏平坦面が明瞭に残存する。

図-6A、Bで示される山頂小起伏平坦面はその高度からして

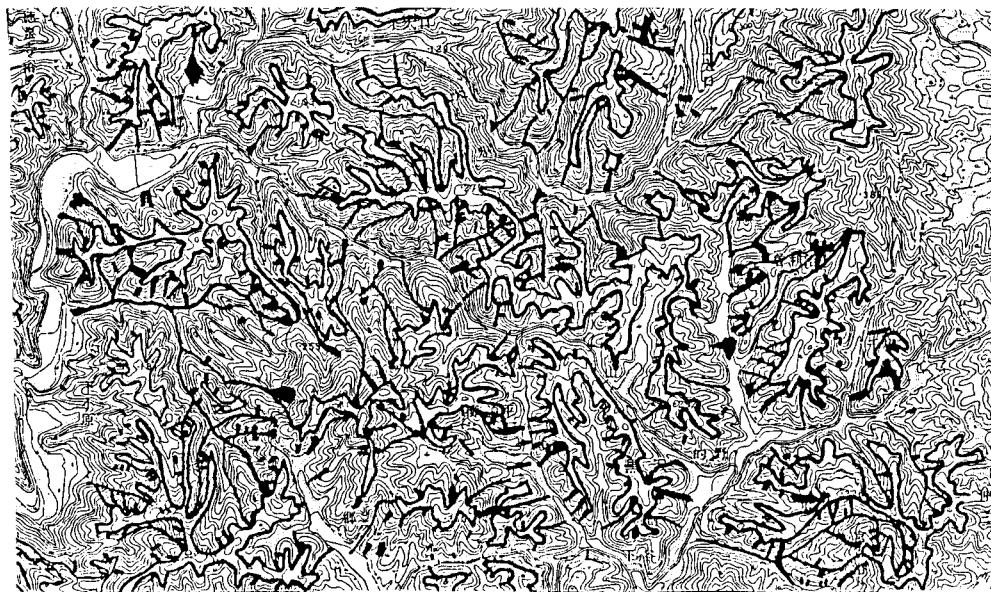


図-6B 三郎変成岩類地帶の斜面崩壊

明らかに都野津面に相当する。その事はさく図-5の接峰面図に照らしてもよく理解されるであらう。

図-6C は前二者が三郎変成岩類地帶の崩壊を示して、古第三紀安山岩・石英安山岩ならびに閃綠岩～花崗閃綠岩地帶の崩壊を示したもので、図-4のC区画に對応する地域である。標高にして300～200mの山頂部に明瞭な小起伏平坦面が残存する。周辺の三郎変成岩類地帶に發達する平坦面はほゞ100m以下であつてそれに対してこの安山岩・石英安山岩ならびに閃綠岩～花崗閃綠岩地帶は一段と高い高さを示す。この地域がほとんどの日本海に近いことより周辺の三郎変成岩類の地形のは較く世羅台地面に相当する平坦面と考えられ、全体としてはモアドノック地形とみてよからう。

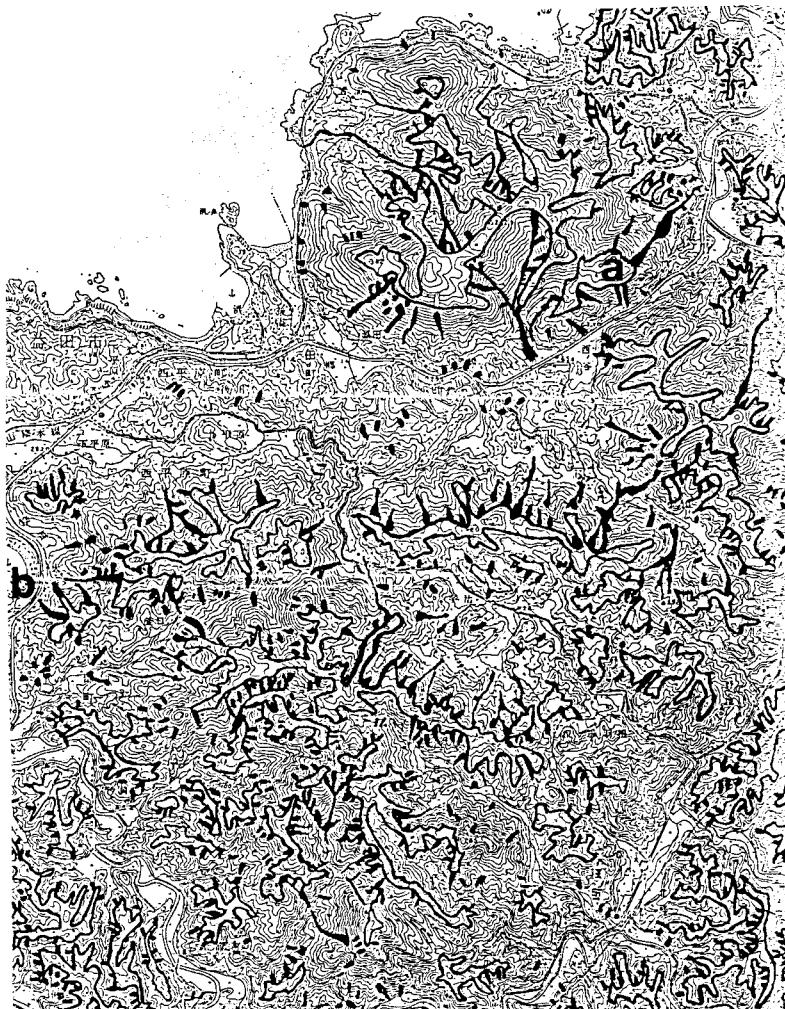


図-6C

古美三紀安山岩  
石英安山岩および  
花崗閃綠岩～  
閃綠岩の斜面崩壊（周辺の三  
郡變成岩類地帯  
の地形よりも全  
体で一段と高  
い高さを示す。  
メドハツク的地  
形といふれど）  
a地点は図-12、  
b地点は図-13  
に対する試料  
位置である。

図-6D は図-4CにおけるD区域に對応する地域の斜面崩壊を  
示したものである。標高599 mの大麻山とそれと連なる500 m  
以上の山稜、および412.8 mの水来山山塊などがこの地域の代表  
的なものである。これらは主として閃綠岩（大麻山のようく部分  
的にはこれより酸性の花崗閃綠岩のこともある）からなり周辺の  
三郡變成岩地域よりは完全に突出している。大麻山とそれと連続  
する棱線の山頂部や水来山周辺山地の山頂部には後斜平坦面が残  
存し、その標高からそれが吉備高原面の一部と見ることが出来よ

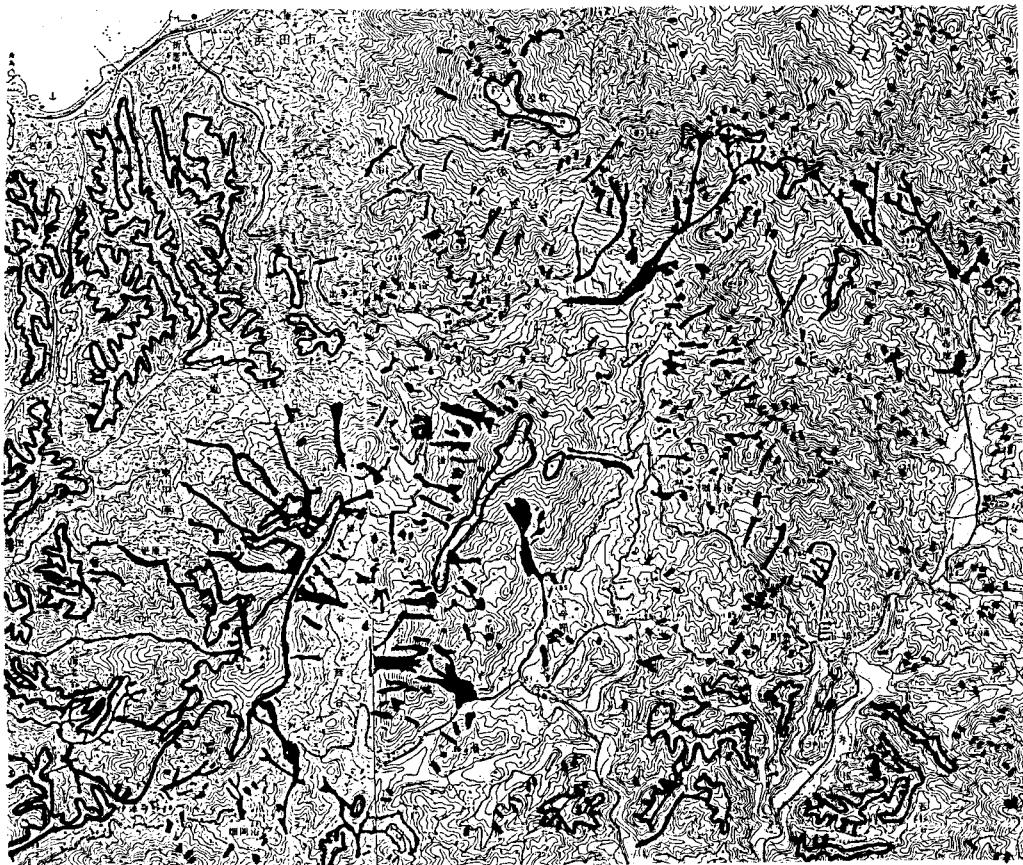


図-6D 三郡變成岩類上にモナドノック地形的  
突出する閃綠岩の斜面崩壊 (a地点は図-10, 11に對  
応する崩壊位置)

う。しかし、大麻山とそれと連続する山稜上の平坦面が550～600mと特にその標高が高く、それに対して水来山山塊の最高点が429mの緩斜平坦面を示すことから、この両者を別の地形面として区別することが好いといふかもしれない。その際には前者が狭義の吉備高原面、後者が世羅台地面に相当すると考えられよう。このようなモナドノック的地形の西方の三郡變成岩地域には別の顯著な平坦面が発達し、その標高はほい50～100メートルである。

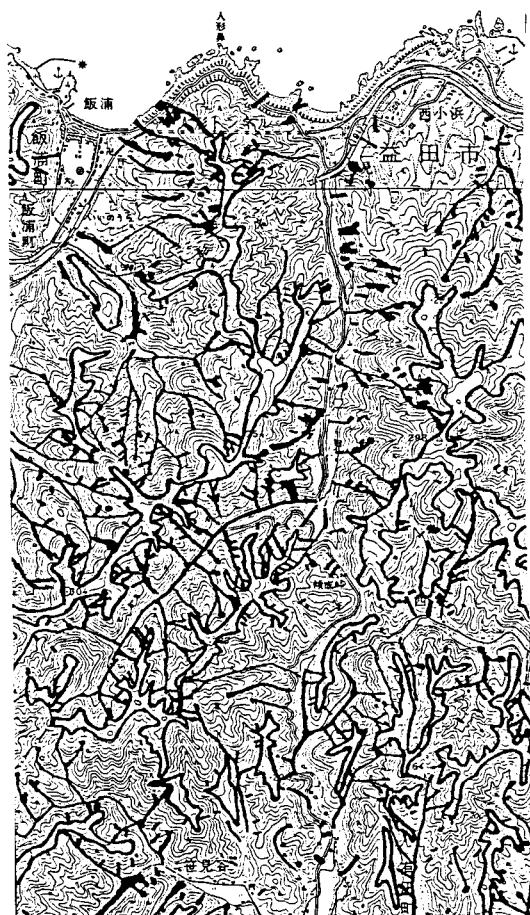


図-6 E

後期中生代  
溶結性凝灰  
岩からなる地帶  
の斜面崩壊



から崩壊と地形とのか、わりべつけて述べたが、これと要約すると石見西部の海岸に近く三郎変成岩類で構成される地域においては低位平坦面としての都野津面がよく発達し、安山岩・石英安山岩や閃緑岩・花崗閃緑岩あるいは後期中生代溶結性凝灰岩地帯で

この面が都野津面であることは勿論である。また同じ閃緑岩ではあるがその東側の牛川沿いには急な標高を減じて別の平坦面が発達する。その標高はほぼ300~200mで明らかに都野津面である。

図-6 Eは図-4のE区域に相当する地域の崩壊を示す。山頂には狭長な小起伏平坦面が残存する。標高はよそ330~200mで、殆んど海岸に面する地域においてはむしろ高いと言える。

図-6 Aから図-6 E

まで、地質を考慮しな

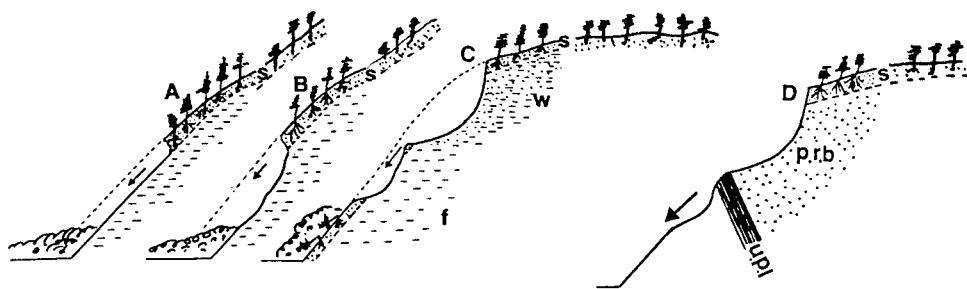


図-7. 斜面崩壊の型 (S: 土壌層, W: 風化岩  
f: 新鮮な岩石, P.r.b: 透水性岩石, U.P.L:  
不透水層)

は、これら三節変成岩の地形面よりも一段と突出して高く、山頂部に緩斜平坦面を残存するモナドノック的な地形を示す傾向が強い。後者が示す緩斜平坦面は世羅台地面と狹義の吉備高原面に相当する。

斜面崩壊の型にはいろいろの場合があるものの、発生地点の多くが平坦面の直下にあって、図-7のCのようなや、円弧状を示すものが圧倒的に多かつたと言ふことが出来る。後述するようく、小起伏平坦面あるいは緩斜平坦面上は厚い風化帯において粘土化し、その爲に円弧状を呈しやすい。道路などの人工斜面工の崩壊の多くは図-7のAとか若干基盤に食いこむBのようない場合が多い。

上述のように斜面崩壊の発生点は地形学的には遷移点の位置を集中し、平坦面を侵食する谷頭侵食作用の形態をとったと見える。

石見西郷に顕著に発達する数段の平坦面の存在は上記の理由で斜面崩壊多発の重要な素因となつたが、多くは図-7のCの例で

示されるようだ。そこには存在する風化帯とのかわりが極めて大きいものと思われる。風化帯のことをついてはあとで詳述するが、平坦面は元来、降水の地下への滲透機能を増大させる点において独立に大きな役割を果すものと云えよう。図-8A は浜田市中

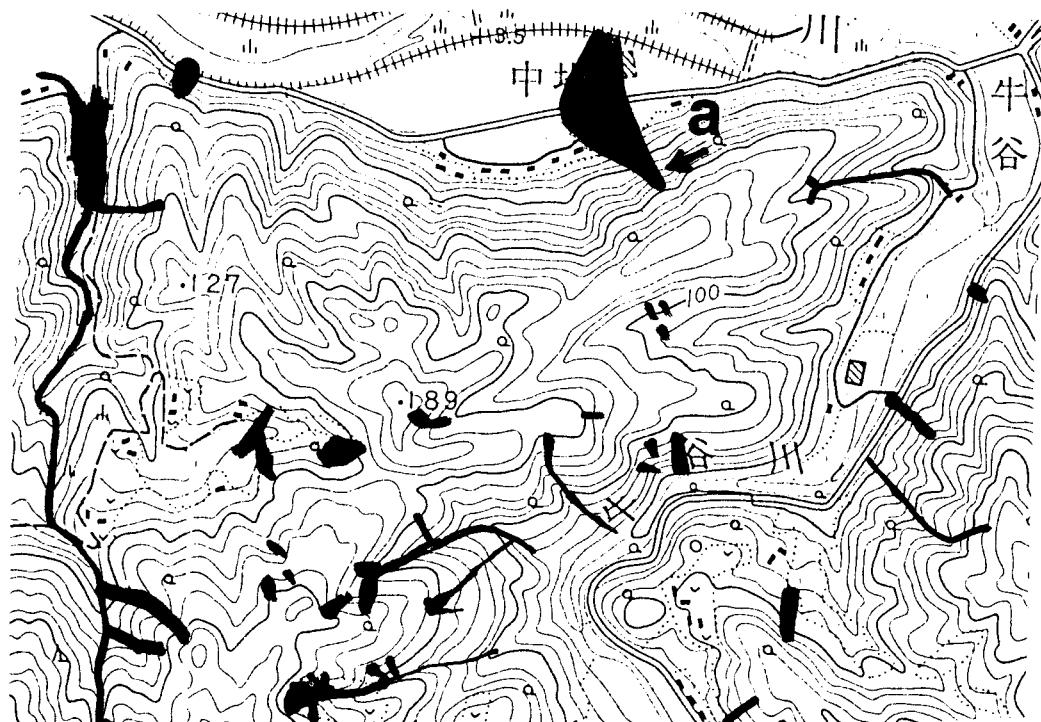


図-8A 浜田市中場の崩壊地帯と周辺の地形 (a 地点  
が中場地区の崩壊地帯)

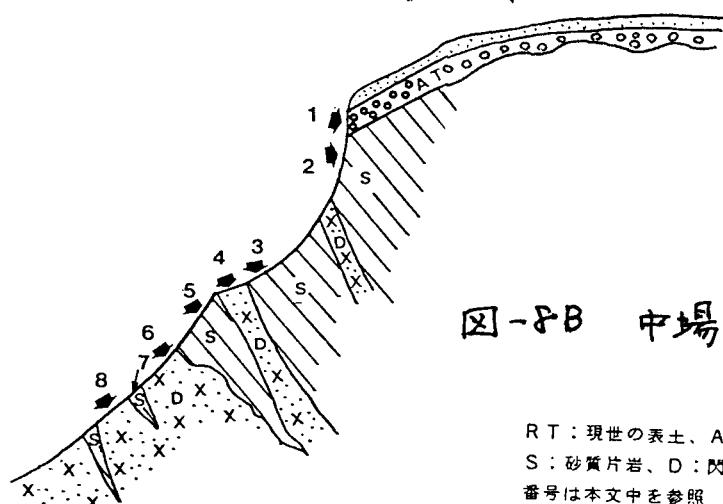


図-8B 中場地区崩壊模式断面

RT : 現世の表土、AT : 古崖錐堆積物  
S : 砂質片岩、D : 閃綠岩  
番号は本文中を参照

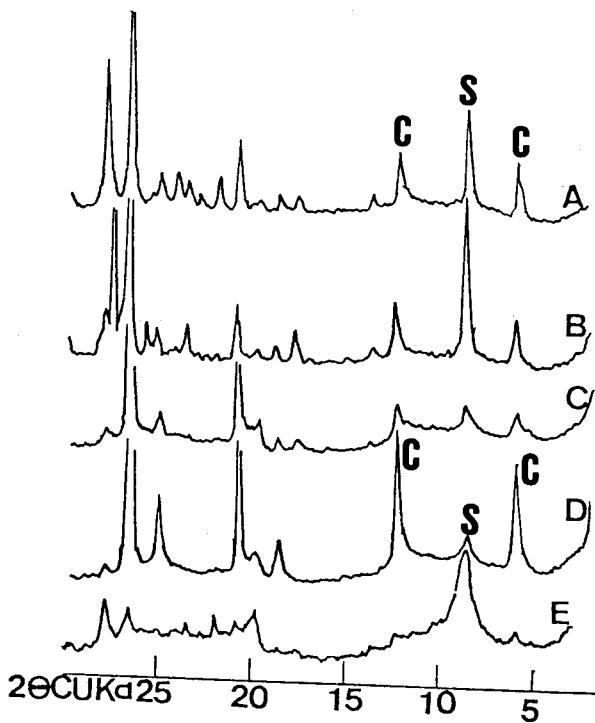


図-8C. 中場地  
区崩壊地の岩石  
に関するX線回折  
図

A, B: 8B図のZ,  
3附近の砂質片岩  
C, D, E: 8B図の閃  
緑岩岩脈4のうち  
Cは砂質片岩との  
境界部, Dは中央  
部, Eはその中で  
発達する微細な熱  
水粘土脈  
回折ピークのCは  
緑泥石, Sはセリ  
サイトを示す。

場の崩壊地(図中のa地図)とその周辺の地形を示し、図-8Bは  
その模式断面図である。崩壊母体の岩石は図-8CのA, Bに示さ  
れる砂質片岩で、粘土鉱物は緑泥石とセリサイトからなり、殆  
んどカオリンは含まれない。このことはこの岩石は風化の影響を殆  
んど受けず、片理面はよく発達するが岩床は著しく硬質  
である。図-8Aに示す崩壊地の背後の地形は、山頂標高  
190～140mの広い平坦面があることを示している。片理面に  
沿う降水の地下への滲透は下部の閃緑岩体あるいは岩脈によっ  
てさえぎられ、上部の砂質片岩が容水地盤としての機能を果たす。  
そこへの地下水の供給は広い平坦面をとおしておこなわれ、著

量の降水量とか、わって異状な帶水状況と出現したものとみられる。中場の例は平坦面が果す斜面崩壊への役割を考察するに際し、好例となる。

#### 4. 石見西部の地質とその風化変質 — 特に斜面崩壊とのかわりについて —

図-9は石見西部の地質を示したものである。図-4, 5などとの地形図とくらべてみると石見西部の地形はことのほか地質による支配を受けていることがわかる。すなわち、標高100 m以上の

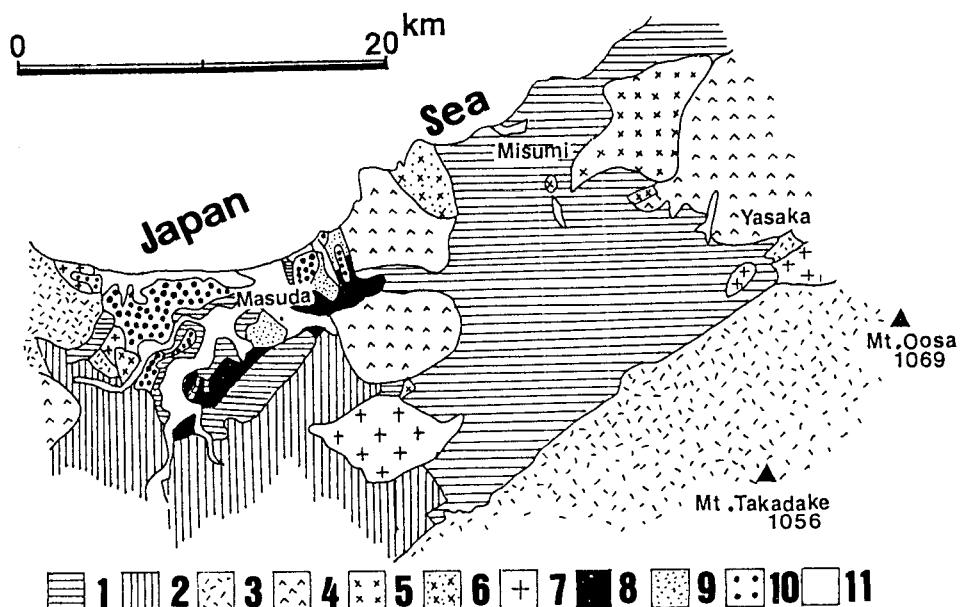


図-9. 島根県西部の地質

- 1: 三郡変成岩類
- 2: 非変成古生層
- 3: 後期中生代溶結性凝灰岩
- 4: 古第三紀安山岩・石英安山岩
- 5: 閃緑岩
- 6: 閃緑岩～花崗閃緑岩
- 7: 花崗閃緑岩
- 8: 新第三紀中新世 岩
- 9: 新第三紀中新世泥岩
- 10: 郡野津層(洪積世)
- 11: 沖積層

脊稜山地に見られる平坦面は殆んど後期中生代溶結性凝灰岩地帶である。また、これまで世羅台地面や狹義の吉備高原面として地形面は海岸近くに分布する後期中生代溶結性凝灰岩、古第三紀安山岩・石英安山岩、閃綠岩から花崗閃綠岩からなる地域であることがわかる。これに対して都野津面としては三郎變成岩類やさらくそれをおう都野津層や新第三紀堆積岩地帶である。つまり、第四紀以降の海面低下や地盤隆起により敏感に反応したのが、この都野津面を構成する三郎變成岩類やそれをおう都野津層や新第三紀堆積岩類であり、このような変化からなあ取り残され、今も激しい侵食を受け続いているのが世羅台地面とか吉備高原面である。したがって、このような地形面は都野津面に対してより古い地形面の残存したものである筈である。

図-10は図-6D 地域の中の閃綠岩崩壊露頭に因るものである。硬質なもので風化の影響を受けていないものでも、結晶作用末期に黒雲母の緑泥石化が進行している。円弧型を示す滑落崖の高さはほど15mで、A, B, C は滑落崖上、地表からそれぞれ 3, 7, 10m の試料である。D, E はすべり面下 2~3m の試料で F はすべり面下 30m 附近のものである。したがって風化帯の厚さも 50m を越している。A, B, C で見られるように、滑落崖では角閃石、斜長石が消失し、すべり面下ではまだ残存する。全体として強くカリニ化を受けているが、斜長石や角閃石の残留と物性との間に一つの関係を見出すことが出来る。

図-11は同じ試料について化学分析から風化指標を算出して図

化したもので  
ある。

風化尺度と  
して筆者の A.  
D. F. を用ひ  
て図示したが、  
この値における  
20 以下に  
おいて崩壊の  
可能性をみると  
ことが出来る。  
この地盤の地  
形面は世羅台  
地面である、  
とを指摘した  
が、風化帶の  
形成の主時期  
が第三紀末頃

のものであり、そのようなものでは一般にこのようく厚い場合が  
多い。

世羅台地面上の崩壊でも 図-6C の α 美の崩壊のようく、  
風化帶内における岩石の物性のちがいと云うよりも熱水粘土脈  
をすべり面として崩壊するような例も知られている。花崗岩とか

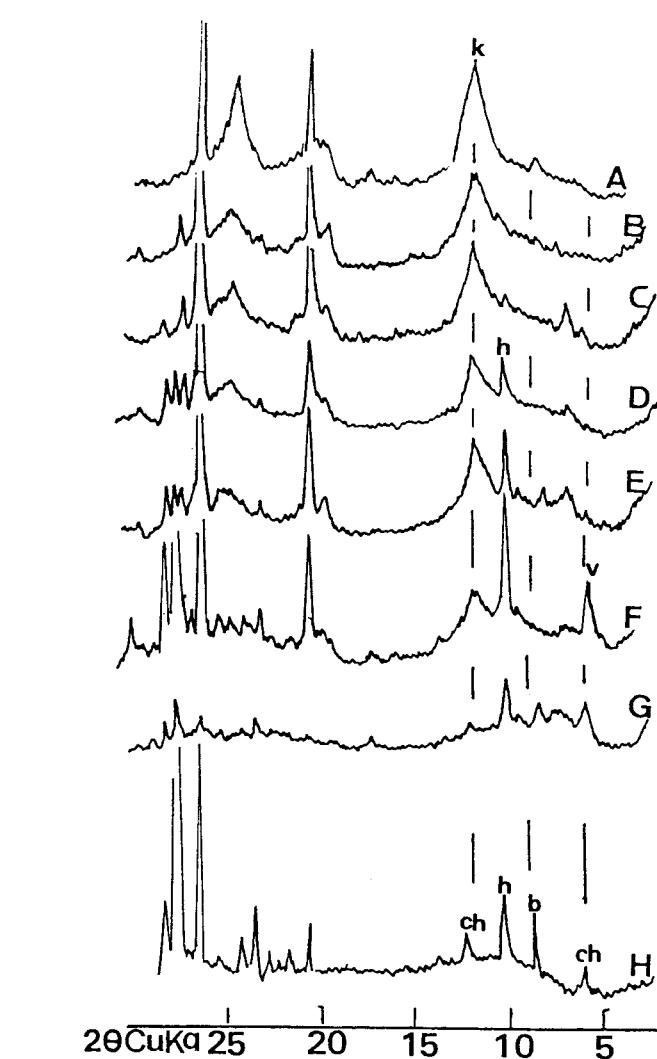


図-10 三隅町鞍掛における三隅閃綠岩のX線回折図(図-6Dのα美)

A : 3.21 B : 1.0.21 C : 1.0.59 D : 位置的にEとほど同じ  
E : 2.3.27 F : 3.6.65 G : 位置的にほどFと同じであるがやゝ熱  
水的変質を受ける。H : 新鮮な岩石であるがやゝ綠泥石化を受ける。(数字  
はA, D, F, 値) K : カオリン h : 角閃岩 Ch : 緑泥石  
b : 黒雲母 v : バーミキュライト

## 花崗閃綠岩のよう

K、岩石がX、

酸性の深成岩K

なるといはしほ

熱水性の粘土脈

とみることが出

来る。図-12の

場合はセリサイ

ト月状の厚さ3m

のものであり、

これを底として

大規模な円弧可

ベリを発生した。

## 古第三紀安山

岩。石英安山岩。

地域が世羅台地

面をつくつてい

るこべつにて

はすてに接觸し

たとおりである

が、このようだ

場合にも厚い風

化帶が残存する。

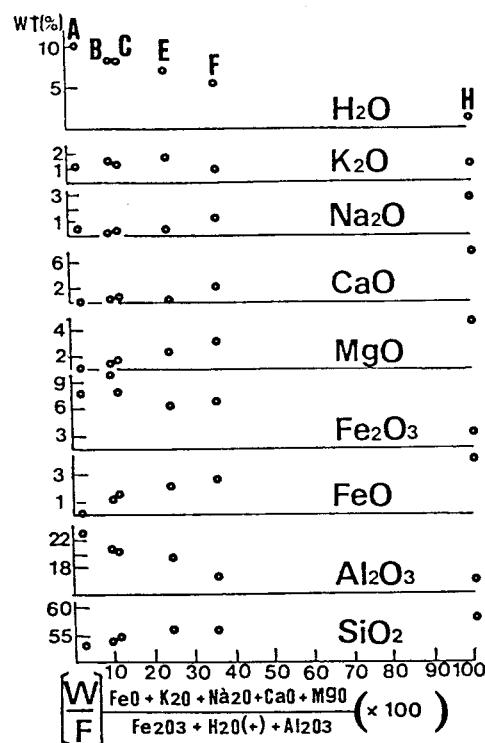


図-11 三隅町鞍掛における三隅閃綠岩の風化状態 (図-6Dのα矣)  
横軸は新鮮な岩石 (F) における  $\frac{(FeO + K_2O + Na_2O + CaO + MgO)}{Fe_2O_3 + H_2O(+)} \times 100$   
で風化岩 (W) のそれを除して 100 倍した値を示したもの A.D.F.<sup>2)</sup>  
と呼ぶ。A、B、C、E、F、H は図-10の記号と同じ。

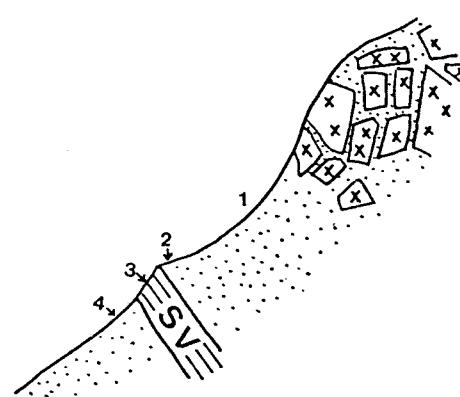


図-12 三隅町岡見花崗閃綠岩の崩壊地点  
SV : 粘土脈

図-6C の b 处。

の崩壊はこのよ  
うな薄い風化帶  
での崩壊である。

図-13 はこのよ  
うな崩壊露頭に  
おける風化変質  
状況をしらべた  
ものである。

すべり面は少なく  
とも 4m よりも  
深く、それよ  
りも工部では  
斜長石が消失  
して顯著なカ  
オリ化を受  
けている。岩  
石全体はいわ  
ゆる赤色粘土

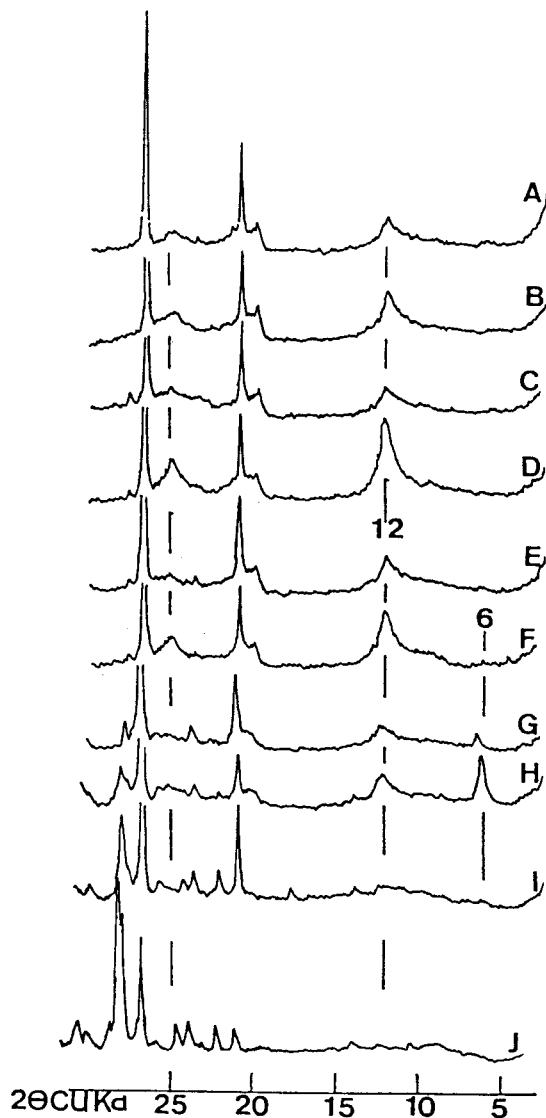


図 13 益田市大浜における古第三紀安山岩の X 線回折図 (91502)

A : 表土下 0.5 メートル B : 1 メートル C : 1.5 メートル  
D : 2 メートル E : 2.5 メートル F : 3 メートル G : 4 メートル  
H : 10 メートル (風化核のマトリックス部) I : 10 メートル  
(核岩部) J : 新鮮岩

となり、殆んど完全に粘土化しているよう見える。物性の実か  
らみると斜長石の消失度あたりで問題があるよう考へられる。  
いずれにしても後述する都野津面 K 対して風化帶の厚さが著しく  
厚いと言える。

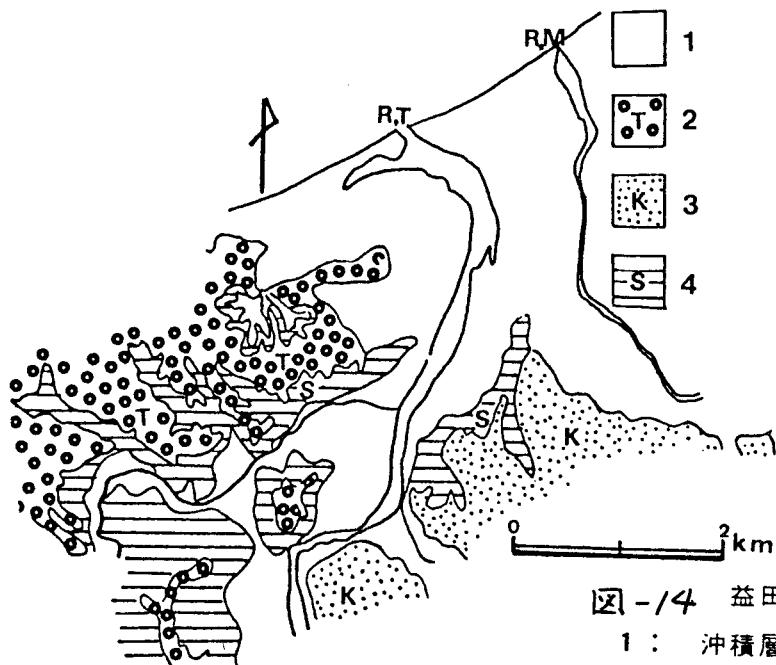


図-14 益田附近地質図

1 : 沖積層 2 : 都野津層

3 : 新第三紀堆積岩類

4 : 三郡變成岩類

R.T. : 高津川

R.M. : 益田川

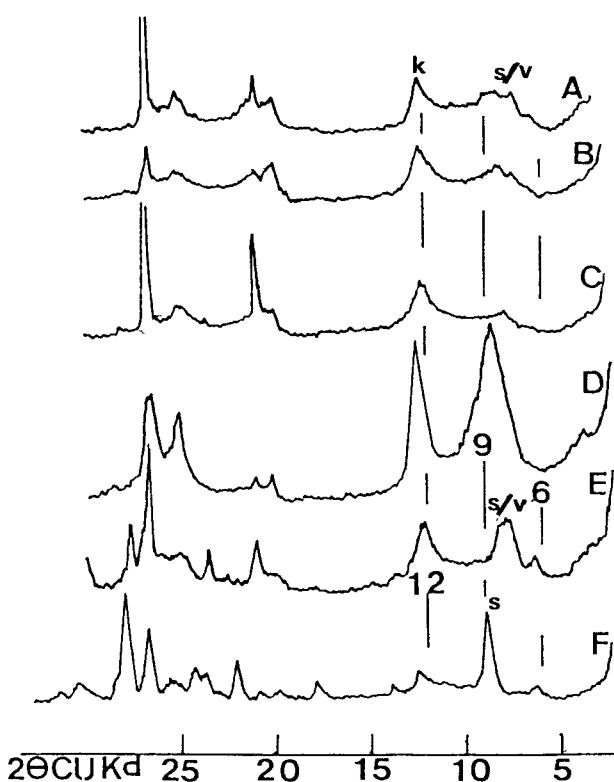


図-15 益田市高津川

左岸の都野津層下の三  
郡變成岩類のX線回  
折図

A: 土壌下 0.5m

B: " 0.7m

C: " 1.0m

D: " 1.5m

E: " 2.5m

F: このP附近の新  
鮮な岩石

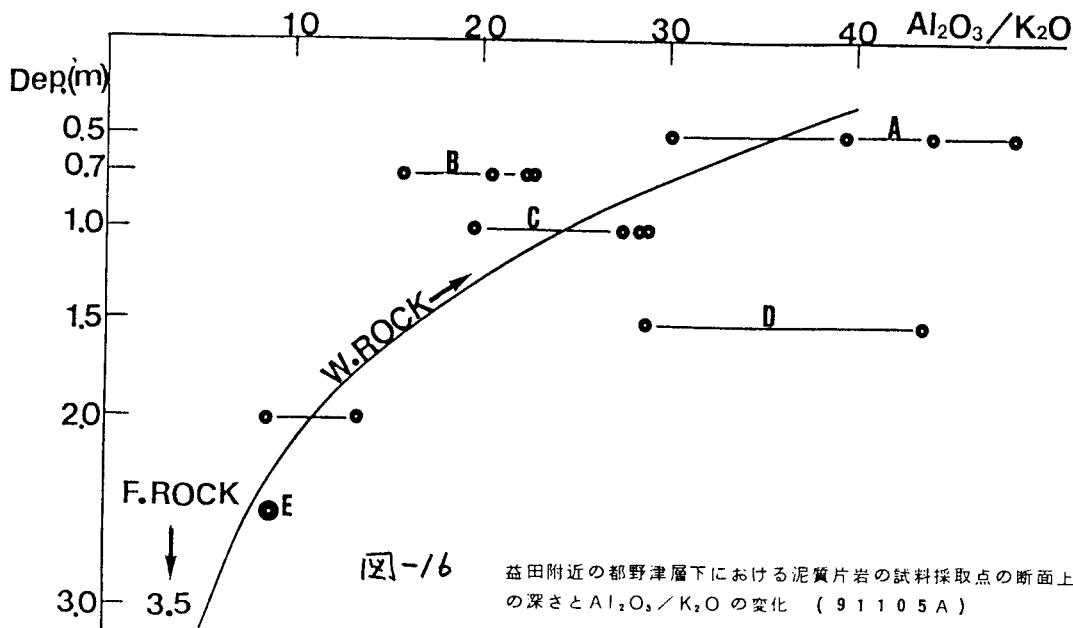
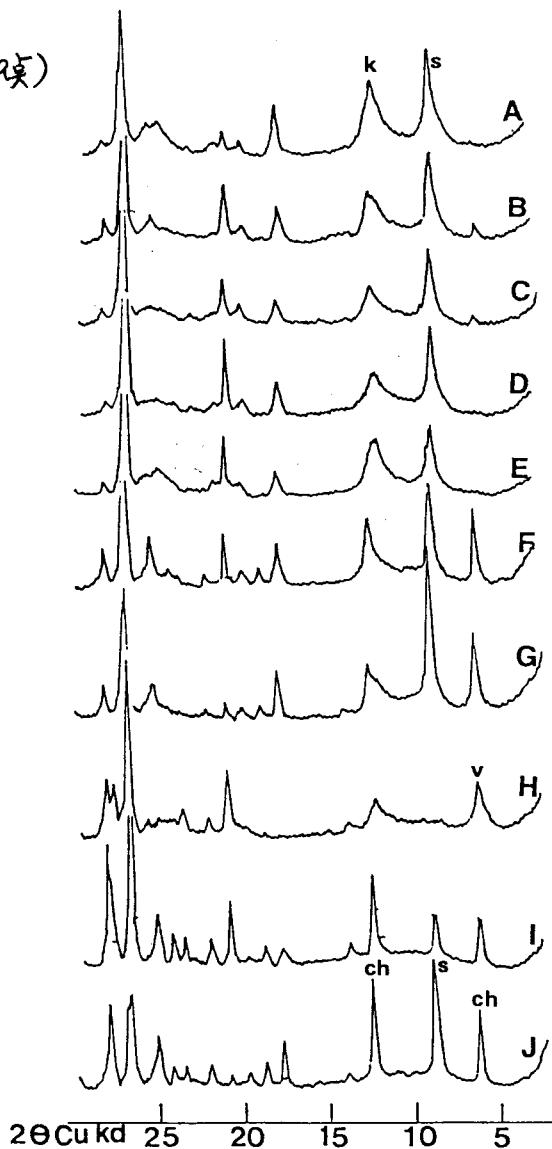


図-14は益田市高津川左岸の地質を示すが、こゝにおける都野津層下の三郎变成岩類の風化は著しい。図-15はそのような場所における崩壊地の試料で、新鮮な岩石における緑泥石とセリサイトは殆んど分解している事を示す。セリサイトは風化に対して格別に強い方に属するものであるが、その中の  $\text{K}_2\text{O}$  の溶脱によるものがあることを示す。図-16は同じ試料の化学成分としての  $\text{Al}_2\text{O}_3$  と  $\text{K}_2\text{O}$  の挙動を示したもので、その風化状況がよく示されている。泥質片岩における風化としてはかなり進んでいると言えるであろう。このようへ風化の著しい三郎变成岩内における崩壊が、この地域の山麓で多発し、家屋に対する被害が甚大であつた。都野津層は、もともと世羅台地面としての地形面をもつていて、この地域の三郎变成岩類の厚い風化帶を侵食しながら堆積したもので、その際ににおける風化帶をなお残してしま、堆積した結果がこの

図-17 三隅附近(図-6AのA実)  
の泥質片岩のX線回折図

- A: 土壌下 0.3m  
B: " 1.0m  
C: " 2.0m  
D: " 3.0m  
E: " 4.0m  
F: " 5.0m  
G: " 13.0m  
H: " 15.0m の厚さ  
3mの閃緑岩々層  
I: 土壌下 40m  
J: この附近の新鮮な  
岩石  
  
S: セリサイト  
Ch: 緯泥石  
V: ハーミキュライト  
K: カスリン



のような資料を与えるものとナラれる。しかしながら、都野津層  
堆積後における風化作用も都野津層がクサリ礫化している事実か  
らもあり得たわけで、風化作用が重っているかも知れない。

これに対して都野津層がおつていいる三郎變成岩地域の都野  
津面を切る崩壊地の試料に関するX線回折図を図-17に示す。  
の地表は図-6Aの A実で示される。同時に化学的な変化として

$\text{Al}_2\text{O}_3$  と  $\text{K}_2\text{O}$  の関係を求めて  
のが図-18である。この地表  
における都野津面上の三隅変  
成岩類の風化は図-15, 16で  
示した益田の都野津層下の  
三隅变成岩類の風化に比べ  
て明らかに弱い。図-17  
と図-18からも土壤層下  
4m程度まで、強い風

化が及んでいふと言える

し、実際山川流すべりも

この辺のレベルにすべり面をおいていふように見える。

三隅变成岩類の都野津面上を侵食する崩壊についてはすでに述べたし、また、内緑岩、花崗閃綠岩、古美三紀安山岩、石英安山岩の世羅台地面あるいは狹義の吉備高原面の崩壊、風化についても述べて来た。要約すると斜面崩壊は都野津面や世羅台地面  
および狹義の吉備高原面を侵食する形でその遷移帯附近で多発している。世羅台地面や吉備高原面では風化帯が厚く、したがって崩壊の規模も大きい。一方、都野津面でも明瞭な風化帯が見られ、風化と崩壊の関係も密着したものがある。

以上述べて来たところから、今回の58年石見災害における斜面崩壊は、このような平坦面上の赤色風化帯が一方で大きくかわつてゐると見える。

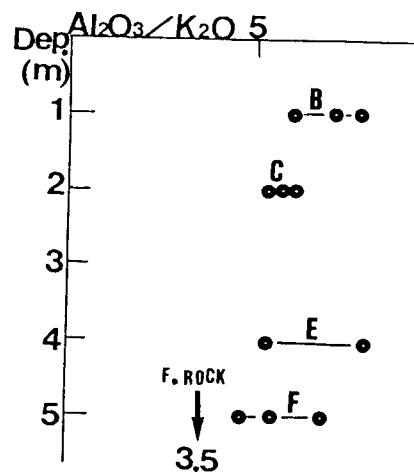


図-18

三隅附近の泥質片岩の試料採取点の断面上  
 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{K}_2\text{O}$  の変化 (110101)  
B, C, E, F の記号は図-8に対応する

## 5. 石見西部の昭和58年7月の斜面災害の特徴と昭和39年7月の島根県東部の斜面災害の比較

昭和58年7月の石見災害時の斜面崩壊は次のような図式で発生した。

### 誘因 素 因

(豪雨)+(数段の平坦面の発達 + 平坦面上の赤色風化帶)

誘因としての豪雨にも異状なものがあつたし、一方この称な豪雨はまた著しく平坦面の発達している地域に集中した。平坦面上には厚い赤色風化帶が残存し、このような岩石は地形的遷移帯附近で崩壊の原因となる場合が多く、このような図式が斜面崩壊多発の最も大きな原因と考えられるのである。

このように見方を昭和39年7月の島根県東部の斜面崩壊へ拡張するとどうなるか検討してみたい。

図-19は昭和39年7月18日から19日にかけての木次町と出雲市における時間雨量の変化である。木次で最高67mm、出雲で75mm

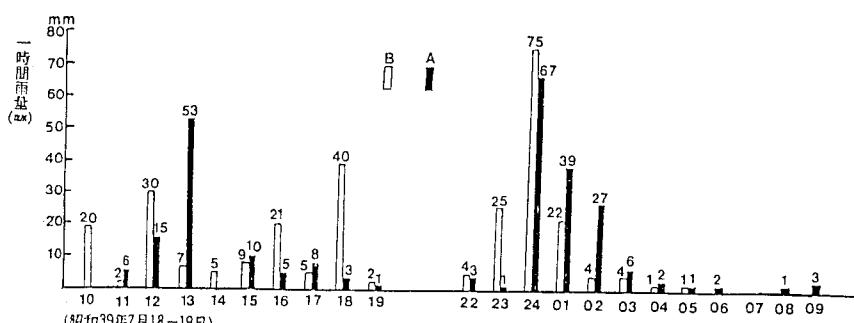


図-19 出雲および木次における1時間雨量  
A:木次 B:出雲

で、このピーク時に特に斜面崩壊が多発して。

島根県東部のうち、木次周辺は花崗岩、花崗閃緑岩の多い地域であり、日頃からの侵食で赤色風化帯は殆どと残存しないが表層滑落型と節理型で代表されるような斜面崩壊を多発する。しかし、これと58年の石見西部の斜面崩壊の比較は出来ない。出雲市周辺は木次周辺と異って新第三系の地質からなり、場所によつては小起伏平坦面が残存し、そこには赤色風化帯をみることが出来る。そのような場所における石見型の図式に従うような崩壊が事実として発生している。

例えば図-20に示す  
ように簸川郡田儀附  
近から東西に延長す  
る地域の崩壊も當時  
における多発地の一  
例で明らかに標高に  
して250～150m  
附近にある平坦面  
との関連が顯著で  
あつた。これら平  
坦面上は赤色風化  
帶を形成し、カル  
シウム化が著しい。  
また図-21に



図-20 烏根県簸川郡田儀附  
近の昭和39年7月豪雨における  
斜面崩壊

示す簸川郡斐川町の佛  
経山南斜面における崩  
壊も昭和39年7月豪雨によ  
りて著しいものがあつ  
た。佛経山山頂の標高  
は366mでよく緩斜平  
坦面が発達する。その  
稜線沿いにほぼ300m  
の標高をもつ後斜平坦  
面が識別される。この  
附近のこのレベルにおける平坦面はや、連続  
性があり世置台地面に  
対応するかあるいはそ  
れのや、開析された面



図-21 岩手県簸川郡斐川町

佛経山周辺の昭和39年7月豪雨によ  
ける斜面崩壊

と見られる。この意味では、こゝにおける斜面崩壊はむしろ世置  
台地面とか、わる崩壊で、田儀附近のものは都野津面とか、わ  
る崩壊と云う一つの識別が必要であろう。だが、佛経山山頂周辺  
における岩石はモンモリロナイト化している事が多く、風化帶の  
中でも赤色化帯を欠いている。したがって、カオリン帶の部分か  
むしろ侵食（つくされてしまつて）と云う考え方へ到達する。  
以上の一例で述べたように、岩手県東部における昭和39年7月豪  
雨時には、ゼロリ石見型の凹式へ従つて崩壊と多發して地域もあ

つて云つてよい。その場合には崩壊の型は円弧型で基盤内崩壊の形式をとつていて。

しかし、この昭和39年7月豪雨時における斜面崩壊の主役は図-22 Aに示すような表層滑落型あるいは表層崩壊型の崩壊であつた。特にこれが顕著であつたのは出雲市西部から湖陵町にかけて分布する新第三紀布志名泥岩層と雲南地方の花崗岩、花崗閃緑岩地帶であつた。図-22はそれを拡大したものであるが、土壤層としての表層板状体と基岩との間の透水度に大きな差のあるような場合に特にこのような形式の崩壊が発生しやすくなる見える。花崗岩や花崗閃緑岩での土壤層としての表層板状体は殆んど砂状で特に透水度が高く、その為の基盤岩との差が大きいし、また無層理に近い泥岩では土壤層は多少とも分級されシルト状となり、基盤岩の極度に低い透水度との差も大きくなつていい。この泥岩がモンモリロナイトに富む泥岩であることも多大關係をもつてゐるかも知れない。図中の中间帶は土壤層の最下部あるいは基盤岩の最表層で、特に透水度が高くなつてゐる場合が多い。

さうに島根県東部地方の昭和39年の崩壊には図-23で示される

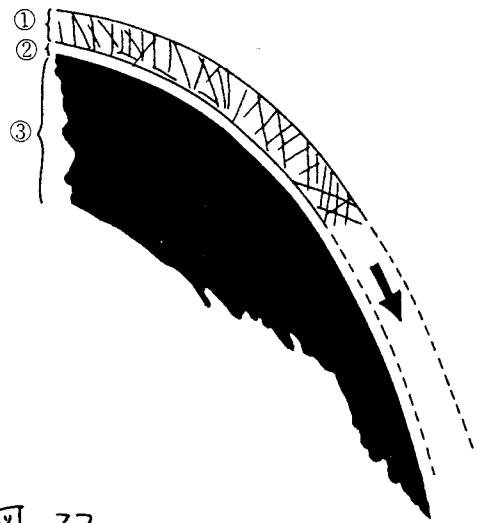


図-22

表層板状体滑落型崩壊の模式図

①：表層板状体 ②：中間体 ③：基岩

ような節理型崩壊が

花崗閃緑岩山地斜面

底部で多発したこと

にも、それでおかねば

ならない。節理には

それを充填して図-24

のAで示されるような

濁沸石が検出され、そ

れぞ沿う花崗閃緑岩内

の造岩鉱物は必ず膨

潤型のバーミキュライト

とカオリインへ変質し

ている。同図のEか

そのような黒雲母

X線回折図である。

豪雨時に節理面に滲透し

た降水が節理内でその向

隙水圧を異共に高めると

果としての崩壊である。

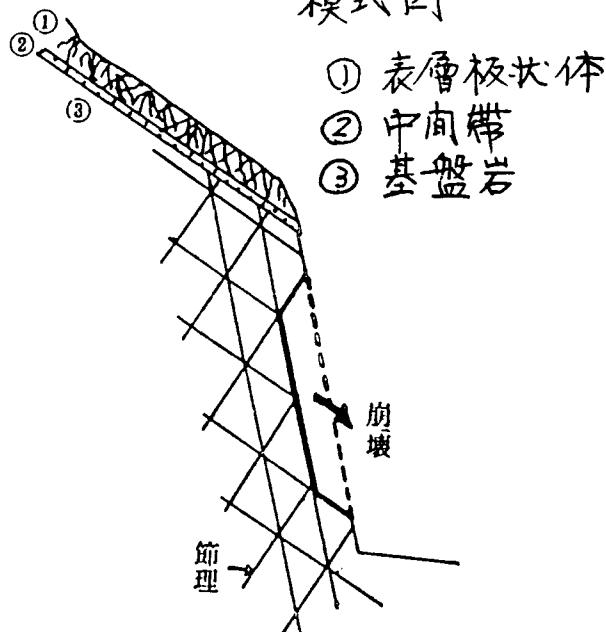
以上述べたようく、

昭和39年7月豪雨時

は島根県東部地方にお

いてその一部に石英型の

図-23. 節理型崩壊の  
模式図



41910-(Dvein)

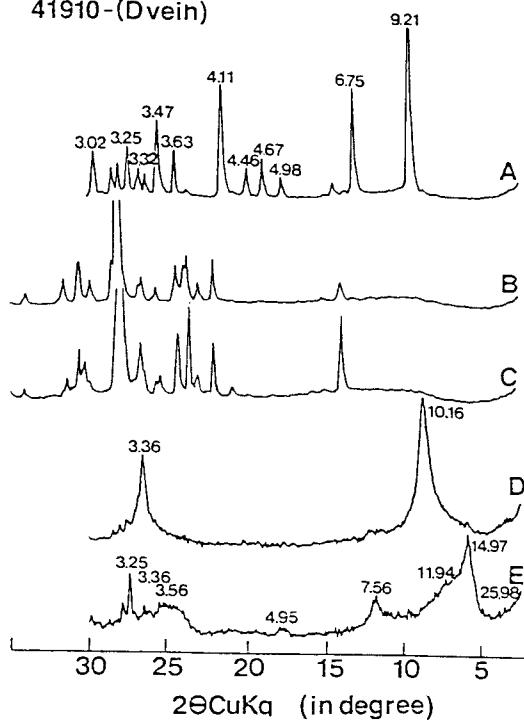


図-24

大東花崗閃緑岩における節理充填鉱物(A)としての濁沸石、節理面沿いの斜長石(C)、や、離れた(10 cm)場所の斜長石(B)、節理面沿いの黒雲母(E)、や、離れた(10 cm)場所の黒雲母(D)のそれぞれのX線回折図

崩壊も觀察することから未だ。したがつて、もし降雨パターンにおいて58年7月の石見豪雨の型をとつてとしたら、この型の崩壊はさらに拡大し、その位置づけもかなり重要なものとして評価されていく筈である。しかし、石見西部との地形・地質の相違は大きく、この差から来る斜面前崩壊の型と評価の相違も重要な点である。つまり、鳥根県東部における花崗岩、花崗閃緑岩の崩壊、モンモリロナイト泥岩の崩壊などから、一層重要な問題となつて来るのである。

## 6. あと書き

昭和58年7月豪雨時ににおける石見西部の斜面前崩壊を地形、岩石の変質の立場から位置づけると共に、39年7月豪雨時ににおける鳥根県東部の斜面前崩壊も同列において議論し、その相違を論じた。その結果は次のように要約される。

- ① 58年7月の石見豪雨は強い雨が長時間にわたりて居すわたり。
- ② 豪雨は数段の顕著な地形的平坦面の発達地域に集中して降つた。
- ③ 数段の平坦面は下位から都野津面、世羅台地面、狭義の吉備高原面に対応される。なお、都野津面は瀬戸内面に対応される。
- ④ 平坦面上には厚い赤色風化岩があつてカスリニが着しく生成されることが多い。
- ⑤ 低位の平坦面、つまり都野津面よりもより高位の平坦面としての世羅台地面、吉備高原面がより一層厚い風化帶でおわる傾向がある。
- ⑥ 崩壊は地

形的遷移段で発生する傾向が非常に強くあらわれ、平坦面と谷頭侵食の形ととて破壊し、それを後退せしめた。⑦ 平坦面は降水の地下への滲透機能を増大化しむる一つの役割も持つらしい。

⑧ 58年7月の石見型斜面前崩は(豪雨)+(平坦面)+(赤色風化帶)→崩壊多発(基盤内崩壊)と云う一つの独自な型となる。⑨ 39年7月豪雨による島根県東部の崩壊は石見型崩壊もその一部においてみられたが、全体的には重要な位置づけはされなかつた。⑩ 島根県東部における斜面前崩壊の重要性はおしろ、いわゆるマサ土の崩壊であつてそれは花崗岩や花崗閃綠岩の崩壊において認められる。⑪ モンモリロナイト泥岩における表層滑落型崩壊に対する島根県東部での位置づけもかなり重要な問題を含んでいる。⑫ 石見西部における斜面前崩壊と島根東部におけるそれに対する地学的評価はかなり異つてゐる。

おわりにあたつて本研究に機会を与えられた京都大学 角屋睦教授、発表の機会を与えられた本学 今尾 昭夫教授に対し、厚く御礼申し上げる。

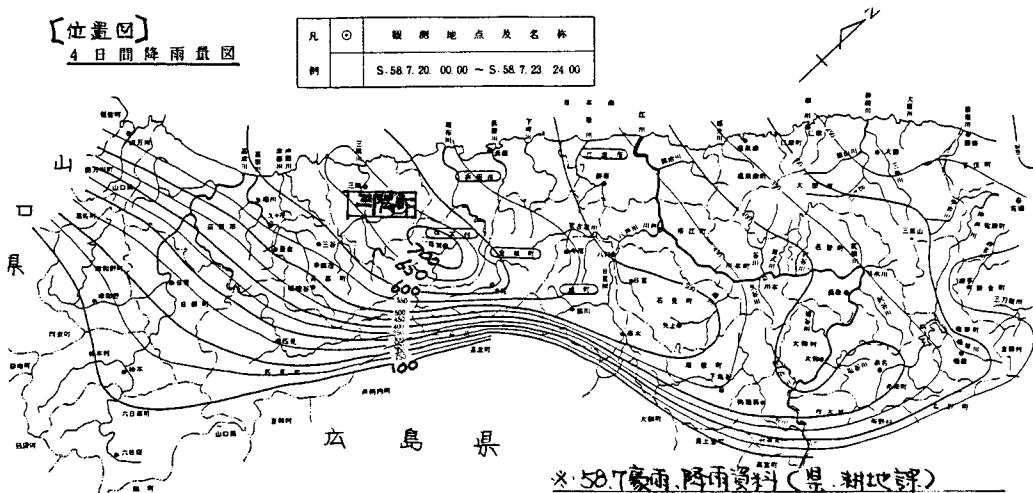
# 三隅町にみる農地保全的災害復旧

- 58. 7 豪雨 -

島根県浜田農林事務所耕地課 勝 部 登

## 1. はじめに

昭和58年7月20日から23日にかけての県西部は、傘も役に立たないくらいのドシャブリになり、止んでいる間は熱風が吹き、断続的に記録的な豪雨となり、道路網は寸断され河川は欠壊をきたし、山くずれにより被害は一層甚大なものとなつた。農地、農業用施設においても、豪雨による山頂部からの土石流が下流部を流出、埋没するという非常に激しいものがあつたが、あれから丸2年が経った今、災害復旧も3ヶ月の最終年度をむかえたところである。ここに当浜田管内における、その中にあっても被災の最も激しかった三隅町における、被害の実態と復旧状況をふまえた災害発生の機構と農地保全的要素についてとりまとめてみた。



## 2. 被害実態と復旧状況

当洪田管内は、洪田市、江津市、那賀郡(4町村)の計6市町村から構成されているが、被害実態は表一に示すとある。

[表一]

区分	県全体	洪田管内計	浜田市	江津市	金城町	旭附	弥栄村	三隅町	備考
被 害 情 況 記 録	延焼面積 <sup>29%</sup>	722.5	722.5	521.5	491.0	620.5	563.0	722.5	659.5
	最大2時間	441.0	441.0	350.5	314.0	357.0	364.0	441.0	423.5
	最大1時間	91.0	(91.0)	(85.0)	75.0	85.0	67.0	71.0	66.0
農地面積	50,100	4,503	1,010	823	902	578	464	726	農林統計年報より本地面積
農家戸数	7,385	846?	2,460	2,051	1,093	907	529	1,429	農業センサスより
飛 行 機 災 害 情 況	面積 <sup>ha</sup>	827 313.44 (339,672)	150 43.75 (337,472)	50 17.85 (102.18)	111 19.88 (25,250)	104 6.93 (54.712)	154 14.70 (114.211)	358 210.33 (1,657.213)	
	畠	41 127.00 (73,257)	6 1.02 (61.07)	1 0.18 (6.208)	12 120.06 (28,063)	2 0.44 (3,148)	1 0.05 (266)	19 5.25 (27,590)	
	畑	1025 174.74 (1,492,651)	94 12.61 (108,483)	83 3.95 (68,555)	173 33.40 (77,052)	273 36.01 (242,316)	185 21.01 (173,074)	217 62.75 (680,171)	
	計	6802 1674.78 (1,018,093)	1993 617.67 (329,886)	250 57.38 (455,062)	134 23.48 (77,851)	276 173.34 (330,365)	377 41.38 (300,173)	574 278.33 (288,031)	
施 設 災 害 情 況	溜池	312 (1,054,180)	61 (292,901)	7 (27,280)	8 (2,569)	9 (71,114)	12 (23,734)	3 (7,220)	22 (81,056)
	頭工	346 (4,470,819)	82 (556,044)	40 (510,102)	81 (101,226)	45 (228,921)	45 (106,683)	16 (51,822)	82 (457,023)
	水路	4,832 (3,21,439)	1,809 142.35m <sup>2</sup> (4,264,887)	280 180.27 (796,678)	211 12,648 (689,804)	309 12,877 (355,139)	267 11,642 (412,085)	299 15,708 (588,600)	443 21,651 (1,622,571)
	揚水機	22 (59,154)	7 (27,562)	1 (4,184)	—	—	—	—	※査定結果 (23,378)
	道路	1,688 (2,527,706)	464 16,151 (765,928)	62 1,953 (10,907)	50 974 (63,965)	98 2,381 (129,202)	63 1,748 (87,787)	54 1,596 (80,401)	137 7,999 (223,684)
	橋	372 (1,706,385)	130 (680,860)	16 (37,675)	10 (5,783)	24 (128,969)	28 (152,996)	16 (68,280)	36 (227,177)
	農地保全	21 (269,623)	13 (115,100)	—	—	—	—	—	13 (115,100)
	堤防	—	—	—	—	—	—	—	—
	計	8,388 (19,424,506)	2,830 (2,683,292)	447 (1,552,570)	320 (887,561)	521 (1,063,373)	415 (833,287)	388 (296,400)	739 (2,650,059)
	合計	15,170 (29,613,577)	4,823 (11,603,178)	697 (2,006,652)	454 (1,065,462)	817 (1,983,760)	774 (1,133,460)	728 (1,084,431)	1,333 (4,919,433)
被 害 情 況 分 析	農地面積 被災面積	203	871	450	216	366	519	621	3,264
	農地面積 被災面積	388	1,206	1,537	1,078	1,179	1,442	1,716	3,512
	農地面積 被災面積	591	2,577	1,987	1,295	1,545	1,861	2,827	6,226
	農家戸数 被災戸数	138	463	185	87	302	331	544	1,658
	農家戸数 被災戸数	263	907	631	432	923	919	1,505	1,785
	農地面積 被災面積	401	1,370	816	519	1,275	1,250	2,050	3,443
	農地面積 被災面積	3	14	6	3	19	7	9	38
	農地面積 被災面積	—	32	18	15	14	20	34	78
	被災農地面積	—	230	314	539	74	281	359	257
	被災農地面積	6,909	6,346	7,913	7,526	1,906	7,254	6,582	8,513

このような被害であったが、各種分析に示すとおり被災数量事業費とも、規模的にも密度的にも三隅町がいかに大きいかわかる。

農地被災面積の全農地に対する割合(38%)が管内平均値に対しても約3倍である。又被災規模も 678% と管内平均値の約3倍となっており、ほ場整備の事業費が 1,300% 程度からみても(井野地区原園)その被災程度がわかるものと思う。

復旧は管内平均で 68% となつところであるが、59年3月からスター

トし実質的復旧期間としては1年余のものであり、各市町村とも大変な苦労があつたことと思う。ここに、三隅町にみる特筆的復旧状況(工法)を表-2により整理してみた。

[表-2]

復旧工法	内 容	備考
農地の区画整理工法	<p>農地は本来、原形、現状に復するため堆土、客土の工法によるものであるが、完全に元の形状を失なっている区域(河川沿い、山地崩壊部)においては、原形復旧が困難と思え、経済性、施工性を考え区画整理方式により復旧する。</p> <p>従前作付面積の範囲において耕作規模を考慮し、従前区画の形状を変えるものであり、營農面を考慮し、機械化対応(共同化の方向も)、水管理の面からも通水路を施設復旧にあわせ新設し、その整備木構は丸太的に、は場整備程度となる。</p> <p>区画規模は、従前の5枚程度が1枚(10~20%枚)</p> <p>直路 B=2.0~4.0m(従前耕作の集積程度)、用耕は極力分離し、B.F.排水管(排水は6ライン:大部分が新設)</p> <p>又、山間部の棚田地域においては、堆土処理を兼ね、従前の2~3枚を1枚にする従前作付面積形状変更を経済性を考えて極力採用する。</p> <p>いずれにおいても、従前基盤の切盛を伴はない範囲の形状変更である。</p>	117面所 117ha 水田 備用全敷地比 43% 複数面所面積率 11% 復旧面所面積率 48% *他事業を含む 但し複数を伴うもののみ
水路のライニング	<p>山間部又山脚部における水路は、従前土木路又石積が大部分であるが、これを三層コンクリート排水渠等コンクリート二次製品により復旧する。</p> <p>用耕占用としての効用復旧は河川治いに一部あるだけで、そのほとんどが山地流域の排水(原形復旧でありその断面は60ライニング相当)を行うものである。</p>	443面所 71.451ha 復旧面地密度 257% ③ は複数内水路密度 405% (用耕) 地すべり 180% (既存水路) 120% * (整備水路)
止水、泄水工施設	崩壊面下部に抑制(止)するブロック積、コンクリート擁壁、志枠、フトン籠等により斜面安定を図り、今後の水路は用耕の合計。	河川又除く。
基盤整備済み区域	構内排水路は、従前60ライニングであるが、浸食被災の復旧として、ライニング高上げを張コンクリート(7=10cm)により行う。	* 敷量は水路ライニングに含む
代替農地復旧	被災状況から復旧後は60ライニング程度となるが、経費は非常に安価である。このことは、は場整備により先行投資がこれまでいたからであり、工水路であれば隣接農地又下流に及ぼす影響は大なるものがあり被災規模、単価的にも効果は大である。	149面所 約 20ha 河川による漬れ(用耕等) 20面所 約 7ha
他事業の連帯性	治山、治水事業とも保全対象があり、このものであり、相互に効果大なるよう周辺農地と連帯的復旧に努める。	
	農地土部のえん堤工、土留工、置地下部又は隣接部の河川改修、農地保全施設上部斜面の植生工(空中散布)	

- (ア) 農地の区画形状が大となり機械化による耕作可能。
- (イ) 水路等施設がライニングにより維持管理が軽減。あわせて保全施設としての承排水効用を持つ。
- (ウ) 農地が荒廃すれば、その区域は周辺をも含めてクラック

等の被災原因を見過ごしがちになる。農地の極力の存続は保全上大変意義が深い。

災害復旧は、原形に現状に復することはいうものの、復旧工法の中には直接的又間接的効用として農地の保全的要素が多分に含まれているものと思われる。農地、農業用施設そのものの存在が大きな定義として国土の保全につながるものと思われ、復旧後の農地、施設が安定的な耕作、管理がされるよう大きく期待したいものである。

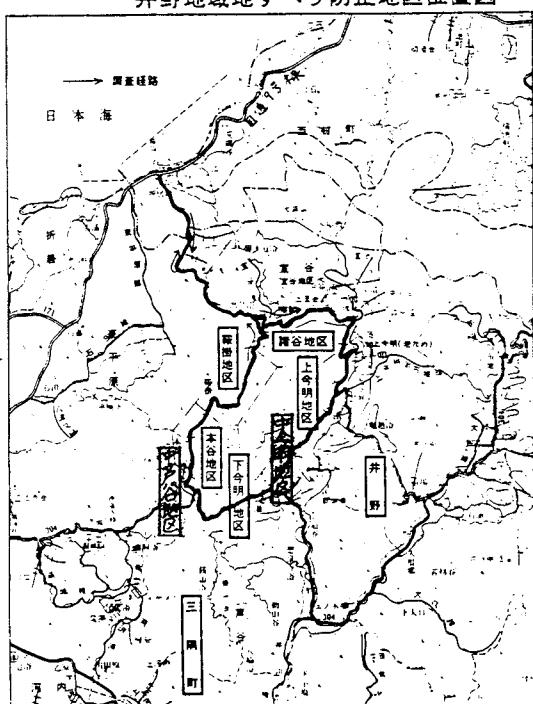
それにしても、当然のことながら抜本的な保全とはいかたく、被災原因をより積極的に直接的に手当てすることが必要である。

つぎに、災害発生の機構としてはどのようであったか、井野地域の地すべり地区を代表としてまとめ、これに対する復旧工法(農地保全)を検討する。

### 3. 災害発生の機構と農地保全の検討

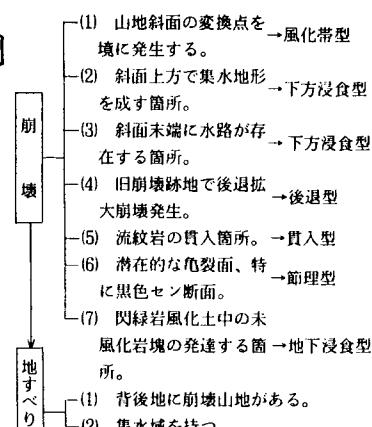
井野地域地すべり防止地区位置図

当地域の地すべり地区は、47年の豪雨災害以後山地斜面の崩壊が、山脚部(農地内地すべり斜面上部)へ堆積し地すべり現象が生じたことにより地すべり指定を受け、遂次防止工事を実施しているところである。地形的には標高350~400m程度の山地が南北方向に存在し、この周囲を7

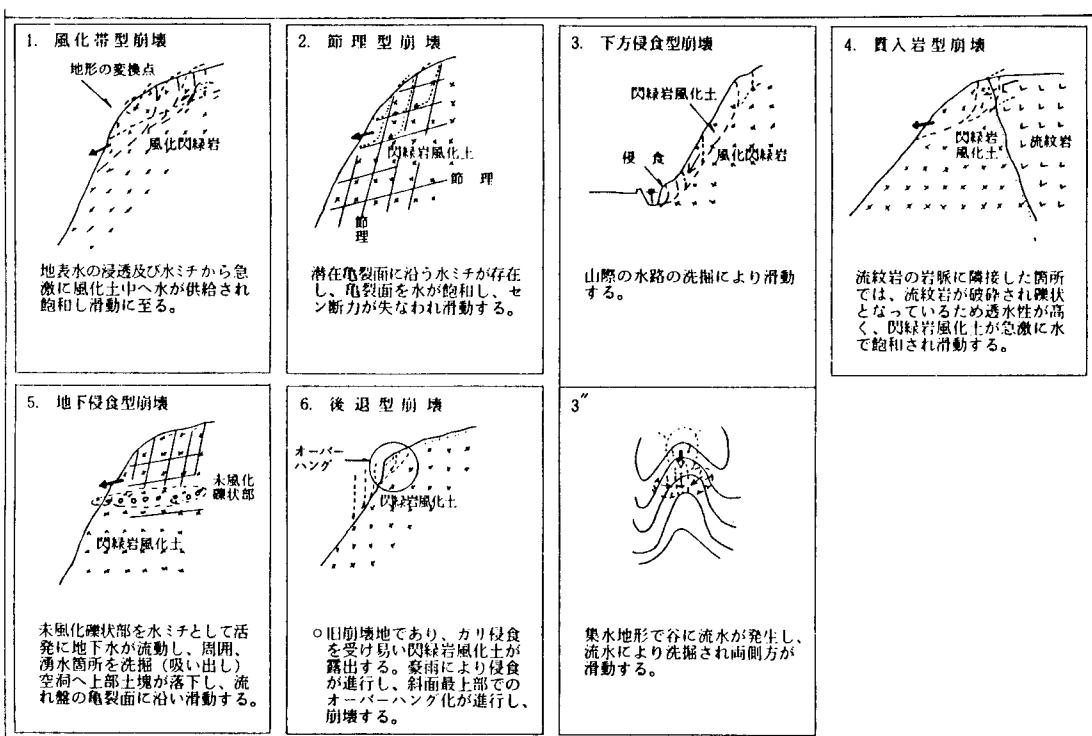


地区でかこんでいる。山地は $\theta=30^{\circ}\sim 40^{\circ}$ 程度の急傾斜地であり、この下うに $\theta=15^{\circ}\sim 20^{\circ}$ の緩傾斜地、さらに下うには $\theta=5^{\circ}\sim 10^{\circ}$ のほぼ平坦地が存在する。地質は中生代白亜紀遡入岩体である閃緑岩が広く分布する。本岩は地下深所まで強風化を受け土砂化している。豪雨被害を一層大規模なものとした“山くずれ”であるが、地形、地質過去から当時の被害の実態を小まえて、災害発生の機構を分析すれば、共通点は表-3及び図-1のとおりである。

[表-3]



[図-1]



このように、崩壊形式は数種あるものと思えるが、実際の崩壊はこれらが相関して組合せられ発生したものと思える。山地崩壊はその素因から数種の形式に分類されるが、更にシルト質砂状を呈す閃緑岩風化土が厚く発達していることが挙げられよう。降雨によるガリーの発達著しく、含水し乱れると強度低下が著しく流動化し易い。このため崩壊土石流は斜面を下の方の平坦地まで流下し、移動距離は長大となり、被害は広範囲に及ぶ。降雨融雪水は潜在亀裂面、未風化岩塊部等でミズ道を形成し流下しているものと考えられる。このミズ道の存在が豪雨時の急激な間隙水圧の上昇をもたらし、崩壊発生に至るものと思われる。又今後も再崩壊の危険性は大なるものがある。

このような災害発生機構をふまえて、山くずれに対する災害復旧としては、設置済み施設の原形復旧もさることながら再度崩壊が明らかか一崩壊面上部又隣接地のクラック山腹の堆積土は強度低下した移動土塊一であるものに対して農地を保全することが必要となってくる。そこで、山地崩壊に対する工法であるが、表-4のような三種が考えられる。

[表-4]

(1) 再度崩壊を未然に防止する工法

急崖部、開口亀裂部の切り取り、更に崩壊面を降雨融雪等の地表水によるガリー浸食に伴う崩壊を防止する法面の保護（モルタル吹付十法枠）を行う。更に将来的な土層の緩みによる崩壊の防止をアースアンカーによる緊張で行う。等々の工法を併用する必要がある。

(2) 再度崩壊を抑制させる工法

前記「崩壊発生の機構」より各崩壊様式に対する抑制を検討する。

(ア) 風化帯型一承排水路による地表水排除及び排水ボーリングによる地下水上升防止。

(イ) 断面理型一節理面をアンカーで締合しぜん断力の増加を図る。

(エ) 壁入岩型一排水ボーリングにより過剰に流入する地下水を排除する。

(オ) 後退型一急崖部の排土、崩壊面保護の植生工。

(3) 再度崩壊発生時に農地農業用施設地すべり保全施設を保護する工法

崩壊は山地で発生し、その土石流は保全区域内に流入し被害は発生する。保全区域を保護するにはこの流下土砂の流入を防止すればよい。よって、

土石流をせき止めかつ蓄積させる機能を有す対策工が望まれる。この様な工法としては待受け工が

（ウ）下方侵食型一水路をライニング水路に改修し洗掘を防止する。

（エ）貫入岩型一排水ボーリングにより過剰に流入する地下水を排除する。

（オ）地下侵食型一地下水昇昇時の流速増加を排水ボーリングにより緩和し土粒子の吸い出しを抑止する。

（カ）後退型一急崖部の排土、崩壊面保護の植生工。

これより、フトン籠積みによる可動性を有す抑止壁とする。

災害復旧の条件としては、保全対象があることは当然として、再度崩壊の危険性だけでは対応できず、崩壊が明らかである斜面の危険土砂（極風化土、残留崩土）の対策工法について、経済性、施工性等検討した結果、農地保全施設として③の谷止フトン籠が最適と判定し採用した。

山脚部より下部の地すべり地域においては、農地保全施設として従前より一般的に施行している防止工法による。（排水ボーリング、杭打承排水路）

又崩壊面の規模、状況からみて、周辺山地に多大な影響を及ぼす恐れがあたり、下部に農地以外の公共道、民家があり緊急的山地保全が必要な箇所は、山脚部より上部について緊急治山事業及び林地崩壊防止事業で対応してもうよう協議調整したところである。

あわせて、諸谷地区においては、農地、施設又他所管災害に関連して未だ完全に農地内へ土石の流下はないものの地すべり面上部の堆積であり、放置しておくば下部の民家、農地等に対し地すべりの危険性が高い区域を、災害関連緊急地すべり対策事業で施行した。

いずれの場合においても崩壊斜面下部の牛当てであり、上部の危険性が高い極風化土、残留崩土、更に大規模な崩壊が想定される残存クラックの直接的、根本的防止工には至っていない。

しかしながら、設置済み施設の効用は如何なるものであったか、ここに、被害調査時の状況を述べる。

——「基盤整備（井野地区県画）をしてもらいたお陰で被害が軽くてすんだ。」（下今明地区）「倉元谷（諸谷地区）では山のきつい所は

地すべり水路を造ってもらつたお陰で田の被害は本当に軽い。〔諸谷地区〕「家の裏のボーリングの排水は23日明け方まで音を立てて流れ、これだけ悪水が抜ければ案外山はこないかもしれない。しかし予想外の雨だつた、裏山は頂上付近から2回から3回にかけてくずれた」〔本谷地区〕「杭打工や防止工事のお陰だろう、あれだけの雨にしては被害は軽いように思える」〔鞍掛地区〕――

災害直後地元の人間に聞いた話である。たしかに、整備された施設の区域は表面的に土砂が赤茶色に覆い被さつてはいるものの、被災程度は未整備区域に比べて軽い。先行投資の一定の効果はあたようである。それにしても、山さえこなかたら-----。

〔整備施設〕：水路工、ボーリング工、杭打工、谷止フトン篠工、法止保護工（法枠、プロック他）、改修済み河川、治山の山復工（土留、植生水路）

＊谷止フトン篠は崩壊土石流を背面である一定の貯留機能により留め、大きな破損もみられない。

### 《谷止フトン篠の検討》

上部崩壊面に残存した明らかに崩壊する“死んだ土塊”的流動化を止めるため、必要最少限の谷止フトン篠を山脚部に設ける。

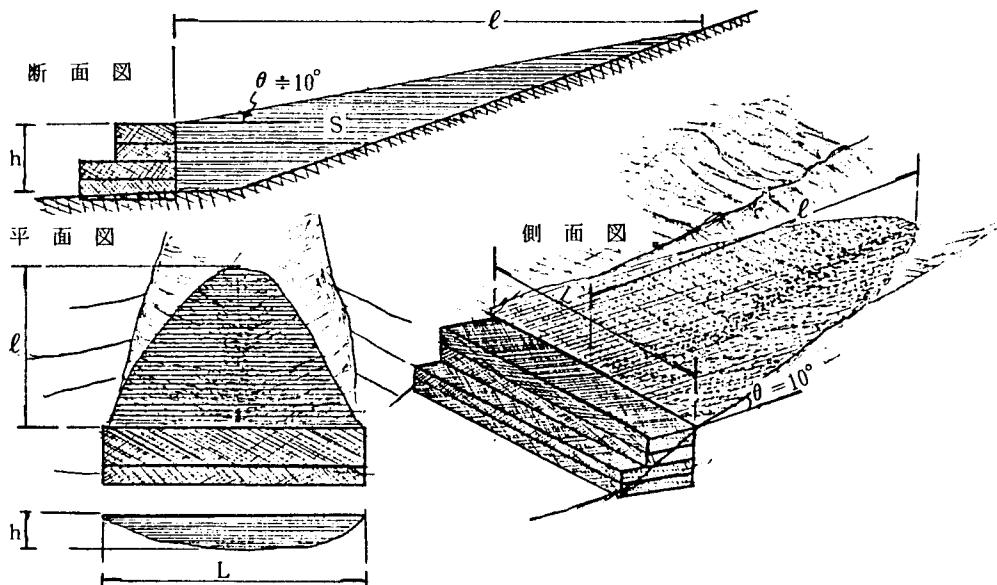
(ア)、承排水路等従前施設の被災については、原形復旧を行ない、谷止フトン篠はその施設を保全する効果も兼ねる。

(イ)、この効用を地すべり防止の面からみれば、農地上部即ち地すべり面上部への堆積を未然に防ぎ、下部農地の安定を図るものである。

### 1) 谷止工の位置

山地と耕地の境界部に設置する。谷止工背面には土砂溜めの空間が必要であり、崩壊箇所に対して平面的、縦断的にこの空間を確保できる地点。

### 2) 谷止工の土砂溜め体積の積算



S : 最大断面の断面積 ( $m^2$ )

L : 施工延長 (m)

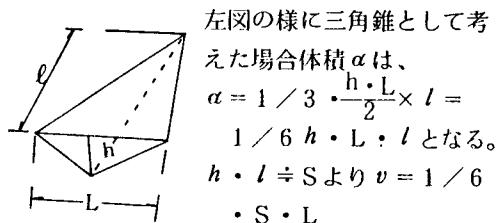
l : 最大縦断長 (m)

v : 谷止工の土砂堆積 ( $m^3$ )

v は断面積S×施工区間長Lに係数  $\alpha$  を掛けた値とする。

$v = \alpha \cdot S \cdot L$  ( $m^3$ ) (但し  $\alpha = 0.5$  とする。)

係数  $\alpha$  の考え方



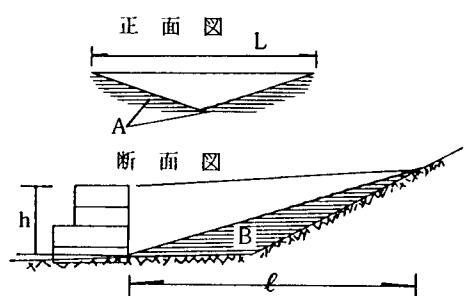
左図の様に三角錐として考

えた場合体積  $\alpha$  は、

$$\alpha = 1 / 3 \cdot \frac{h \cdot L}{2} \times l =$$

$$1 / 6 h \cdot L \cdot l \text{ となる。}$$

$$h \cdot l \div S \text{ より } v = 1 / 6 \cdot S \cdot L$$



■ : 実際の地形で期待できる体積

正面図より  $(h \cdot L \times 1 / 2) \times 0.5 \cdots A$

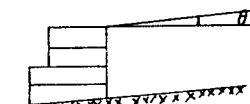
断面図より  $(h \cdot l \times 1 / 2) \times 1.0 \cdots B$

上記体積を三角錐体積に加え

$$v = \frac{1}{3} \left\{ \frac{h \cdot L + A}{2} \cdot l \right\} \times 2$$

$$\begin{aligned} v &= \frac{1}{3} \frac{h \cdot L + \frac{1}{2} h \cdot L}{2} \cdot l \times 2 \\ &= \frac{1}{3} \left( \frac{3}{2} h \cdot L \right) \cdot l \\ &= \frac{1}{2} h \cdot L \cdot l \\ \alpha &= \frac{1}{2} \text{ とする。} \end{aligned}$$

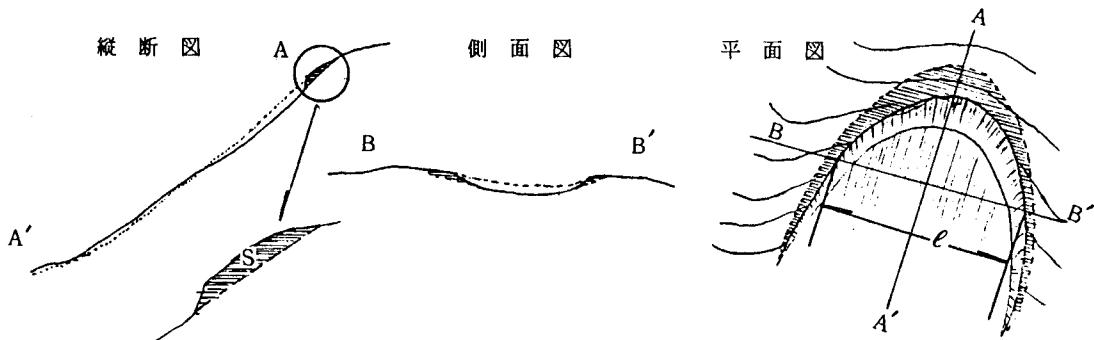
谷止工の背面の安定勾配  $\theta$



勾配  $\theta = 10^\circ$  でありこれを採用。

安定勾配  $\theta$  は過去の実積：鞍掛地区では47年災害時に谷止工が施工されており、この背面は今回の被災後の安定

### 3) 崩壊斜面の今後の崩壊土量 (V) 算定



V : 崩積土体積 ( $m^3$ )

S : 最大断面での崩壊土量 ( $m^3$ )

l : 崩壊斜面の平均的な区間長

$$V = S \cdot l \quad (m^3)$$

### 4) 対策工の考え方

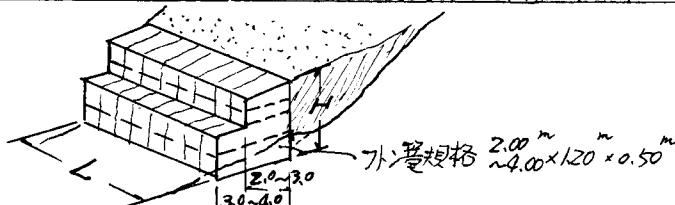
前記条件により検討し、対策工を設計する。但し、崩落予想土量 (V) を全て谷止工の土砂溜め ( $v$ ) に貯留する事は実際に不能であり、次の項目に期待し（谷止工の土砂溜め） $v = 0.7 \sim 0.8$  (崩落予想土量) V を目標として計画する。

通常の降雨時にも少量の崩壊は発生し現況で残存する崩落土量は豪雨発生時までには若干減少しているであろう。

豪雨発生時に於ても実際に予想される全崩落土量が流下するとは考え難い。

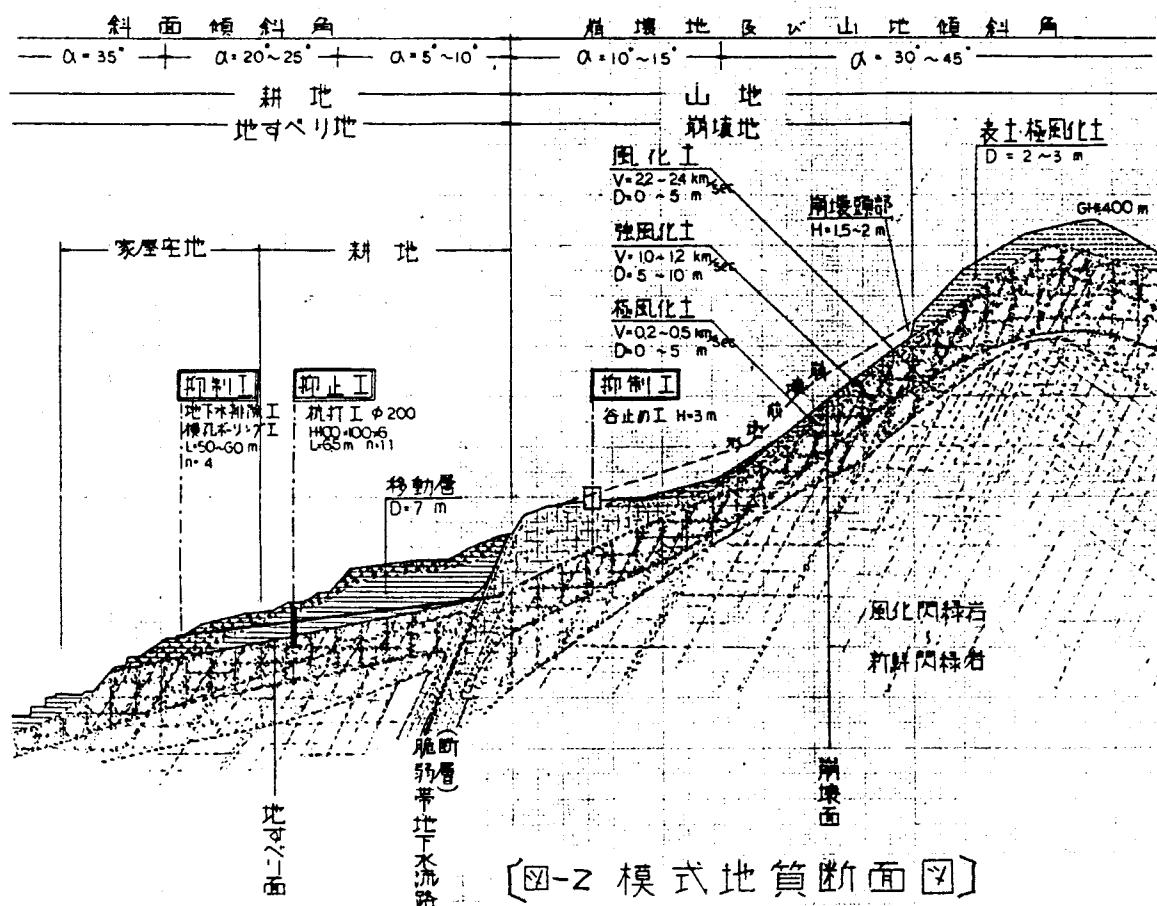
# 地すべり地域内災害復旧工事 1. 岩盤土砂と谷比工事の関係

地すべり地区名	断面名	フトン電設置 数量 $H \times L$ 、底板	土砂溜め 体積 (V)	今後の崩壊 土量 (V)	盛地 被災規模 面積 (ha) = 長さ×巾 流入土量 (平均例)	崩壊規模 斜面長×巾	備考
鞍 枝	2号谷止	2.5×36.0, 11.4m 2.0×10.8, 26 3.0×20.0, 81	472m <sup>3</sup> 50 167	690 225 225	0.84 = 120×70, 2,900 (0.35) 0.20 =	35 (100)×80 33 (100)×60 25 (30)×60	※崩壊は河床沈下地盤 段K0.2~0.6倍と想定される。
	3 :						
	4 :						
	1号谷止	2.0×22.8, 67	278	620	50×40, 600 (0.30)	20 (200)×50	
					0.65 =		※崩壊斜面長
	5号谷止	2.5×25.6, 82	147	205	120×50, 1,600 (0.25)	25 (75)×60	(内)斜面長×幅 さの表記
	6号谷止	3.0×20.0, 103	368	750	0.77 =		
	7号谷止	3.0×30.0, 101	120	130×60, 1,800 (0.63)	130 (315)×100	0.06 = (外)斜面長×幅	
本 谷	1号谷止	2.0×18.0, 49	72	108	30×20, 60 (0.10)	15 (50)×40	
					0.35 =		
	2号谷止	2.5×49.2, 151	191	250	70×50, 650 (0.18)	10 (65)×50	
					0.40 =		
	5号谷止	4.0×52.8, 182	182	938	100×40, 1,200 (0.30)	40 (160)×80	
					0.20 =		
	6号谷止	2.0×19.2, 49	44	60	50×40, 300 (0.15)	20 (100)×50	
					0.80 =		
	7 :	2.5×24.0, 96	400	540	100×80, 2,000 (0.30)	25 (150)×45	
					0.12 =		
	4号谷止	2.5×18.2, 56	43	63	40×30, 300 (0.25)	15 (170)×50	
					0.06 =		
浦 谷	1号谷止	3.0×23.6, 132	294	380	50 (85)×40		
	2 :	3.0×23.6, 204	512	739	85 (160)×50		
	3 :	3.0×30.0, 182	543	518	30×20, 300 (0.50)	30 (85)×50	
					0.80 =		
下 今 町	谷止工	2.5×61.2, 199	464	890	160×50, 2,500 (0.31)	150 (180)×60	
		477 $H=2.0-4.0m$ $EL=588.8m$ $\Sigma V=2046m^3$					
計	18		$\Sigma V=4989m^3$	$\Sigma T=7705m^3$	$\Sigma A=525m^2$	$\Sigma V=7705m^3 (1.35)$	

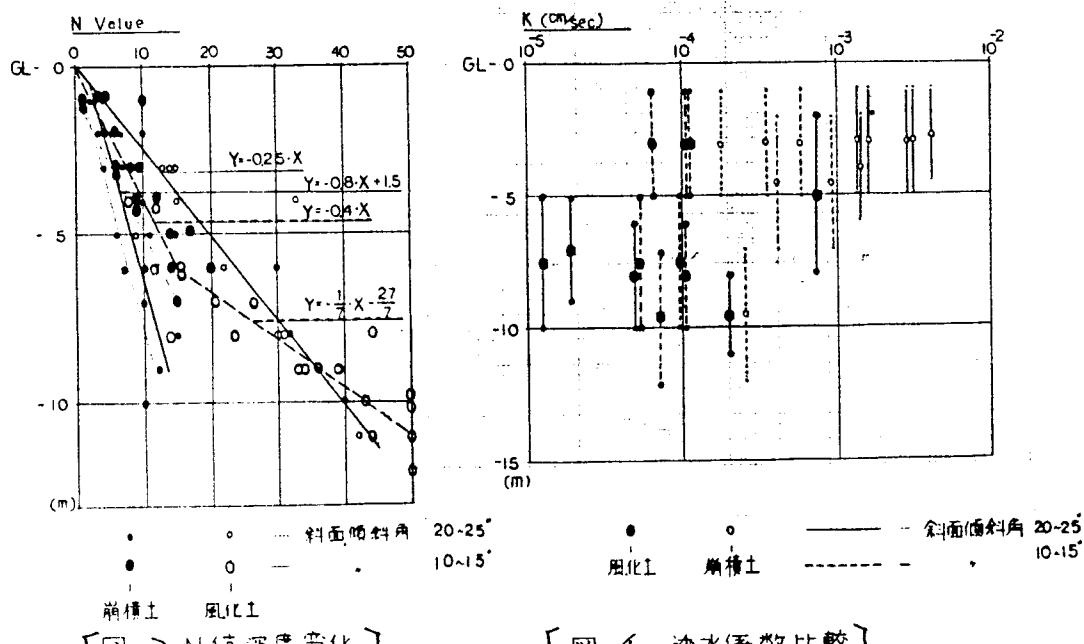


## 2. 地すべり施設と災害復旧施設

## 地形・地質的特性



## 力学的・物理的特性

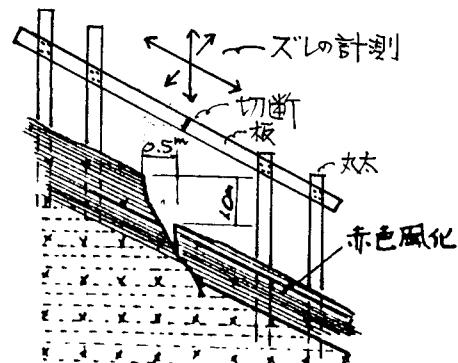


#### 4. 今後の課題

災害復旧は原形復旧の範囲であったが、地すべり防止又山地斜面崩壊防止という観点からみれば、崩壊残存のクラック等は何らかの対策をする必要がある。現在、諸谷乙期地区でその危険性を59年度より継続的に調査をしているが、現在までは現地踏査、地形図作成を主体としたもので、1測線上での弾性波電気探査、簡易貫入を試み、今後の調査の方向づけにしかすぎない。今後の物理的、化学的な試験の手法も、より効果的調査のため検討中である。しかしながら、クラックに対する手当では、局部的にしろ排土工かアンカー工か、必要最小限の工法と思える。

なお、本地区には簡易な計測板を15ヶ所に設けて、地元の人でも見まわりにより異常を発見出来るよう観測体制を設けている。(59.4.27設置し現在まで2回測定しているが変位はほとんどない)

簡易計測板模式図



いずれにしても、崩壊箇所だけではなく、地質的に地形的に未崩壊箇所も同程度の危険性は有するものと思われる。素因排除を早急に、又抜本的に解決することは困難である。被害実態の認識のうえにたち長期の観測等、地元での危険意識の向上が先づ第一である。

おわりになりましたが、災害復旧等調査実施にあたりましては、農政局地質官並びに本省局の防災課の皆様には被災直後の暑い中現地指導を頂き、又現在に至りましてもあらゆる面で御指導を頂

き、本当に感謝しております。

以上。

## 国営益田開拓の防災対策

—58年7月山陰豪雨を通じて—

中国四国農政局益田開拓建設事業所 服 部 龍 一

### まえがき

昭和58年7月20日から23日にかけて島根県西部は未曾有の集中豪雨に見舞われた。集中豪雨は最大1時間雨量97mm<sup>(注)</sup>、最大日雨量420mm<sup>(注)</sup>という記録的なもので、総被害額は約3,400億円と過去最高のものとなり農業関係被害も約350億円に達した。丘陵地の多い益田市では、市内のいたる所で無数の山地崩壊を生じ、集中豪雨の恐ろしさをさまざまと見せつけた。長年安定していた山々が次々と崩壊し、被災して行く中で、益田開拓建設事業によって施工された造成農地の畑面及び切土・盛土法面はこれらに比較して被害も少なく、この記録的な集中豪雨に耐え抜いたのである。

### 1 降雨の特徴

今回の豪雨は、日本海を東進した低気圧に伴う前線が中国地方に停滞して前線活動が活発になったもので、特に22日夜から23日朝にかけては、前線上を低気圧が東進し、日本の南海上から暖湿な気流が前線付近に流入したため、島根県西部から広島県北

部にかけて局地的な豪雨をもたらした。ちょうど一年前の「昭和 57 年 7 月豪雨」（1982 年 7 月 23 日長崎）と酷似した典型的な梅雨末期の集中豪雨である。

（注）第 2 撫水機場での観測値

表 - 1 益田開拓事業地区内における降雨観測記録

場所	日 雨 量 (mm) (日界午前 9 時)				
	事 業 所	火 の 谷	音 長 川	第 2 撫水機場	消 防 署
7月20日	88.5	106.0	114.5	111.0	105.0
21日	77.5	103.0	88.5	91.5	86.0
22日	380.5	358.0	391.0	420.5	393.0
計	546.5	567.0	594.0	623.0	584.0
最大日雨量	380.5	358.0	391.0	420.5	393.0
日最大時間 雨 量 (23日 6~7時)	74.0 (同 左)	95.0 (同 左)	88.5 (同 左)	90.0 (同 左)	84.0 (同 左)
最大1時間 降 雨 量 (23日 5:40 ~ 6:40)	87.0 (23日 6:10 ~ 7:10)	95.5 (23日 5:50 ~ 6:50)	92.5 (23日 5:40 ~ 6:40)	97.0	

益田開拓建設事業所では、事業所及び事業地区内において独自に降雨観測を行っており、その観測記録を表 - 1 に示す。日降雨量 358.0 ~ 420.5 mm は益田市での観測史上最大のもので、200 年確率の日雨量をも大きく上回っており、まさに記録的な豪雨であった。

また、今回の豪雨エネルギーの強さを、土壤保全上の観点から、  
<sup>\*</sup> 降雨係数というものを一つの指標にとって表わせば、

昭和 58 年 7 月 20 日～23 日の 4 日間 782

昭和 53 年の一年間 240

## 昭和 54 年の一年間

6 3 5

となっており、昭和 53 年の年間エネルギーの 3.3 倍、昭和 54 年の年間エネルギーの 1.2 倍にほぼ匹敵する非常に大きなエネルギーが 4 日間に集中したことがわかる。

※降雨係数  $R = E \cdot I_{30}$  ( $m^2 \cdot ton/ha \cdot hr$ )

$$E = \sum r (210 + 89 \log I) / 100 \quad (ton \cdot m/hr)$$

I : 区間降雨の降雨強度 ( $cm/hr$ )

r : 区間降雨量 ( $cm$ )

$I_{30}$  : 一連続降雨の最大 30 分降雨強度 ( $cm/hr$ )

図 - 1 昭和 58 年 7 月 20 日 時から 23 日 24

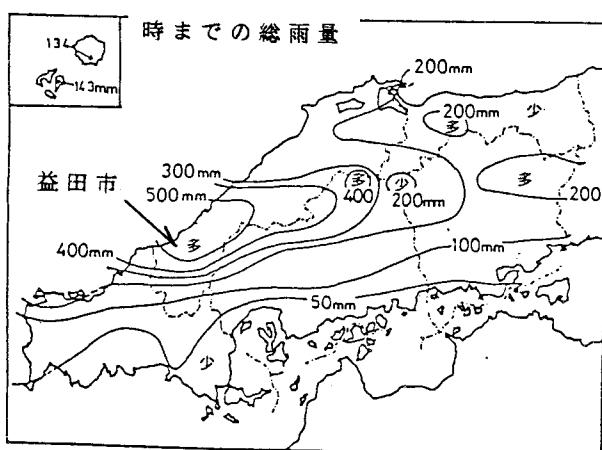


表 - 2 岩井法による確率雨量

確率年	確率日雨量	降雨強度
2	98.8 mm	34.2 mm/hr
5	132.2	45.8
10	155.5	53.9
20	178.7	62.0
50	209.9	72.8
100	234.3	81.2
200	259.4	89.9
対象期間	大正元年～昭和 57 年 (71 年間)	

(注) 降雨強度は洪水到達時間を  
1.0 hr とし物部式より算出した。

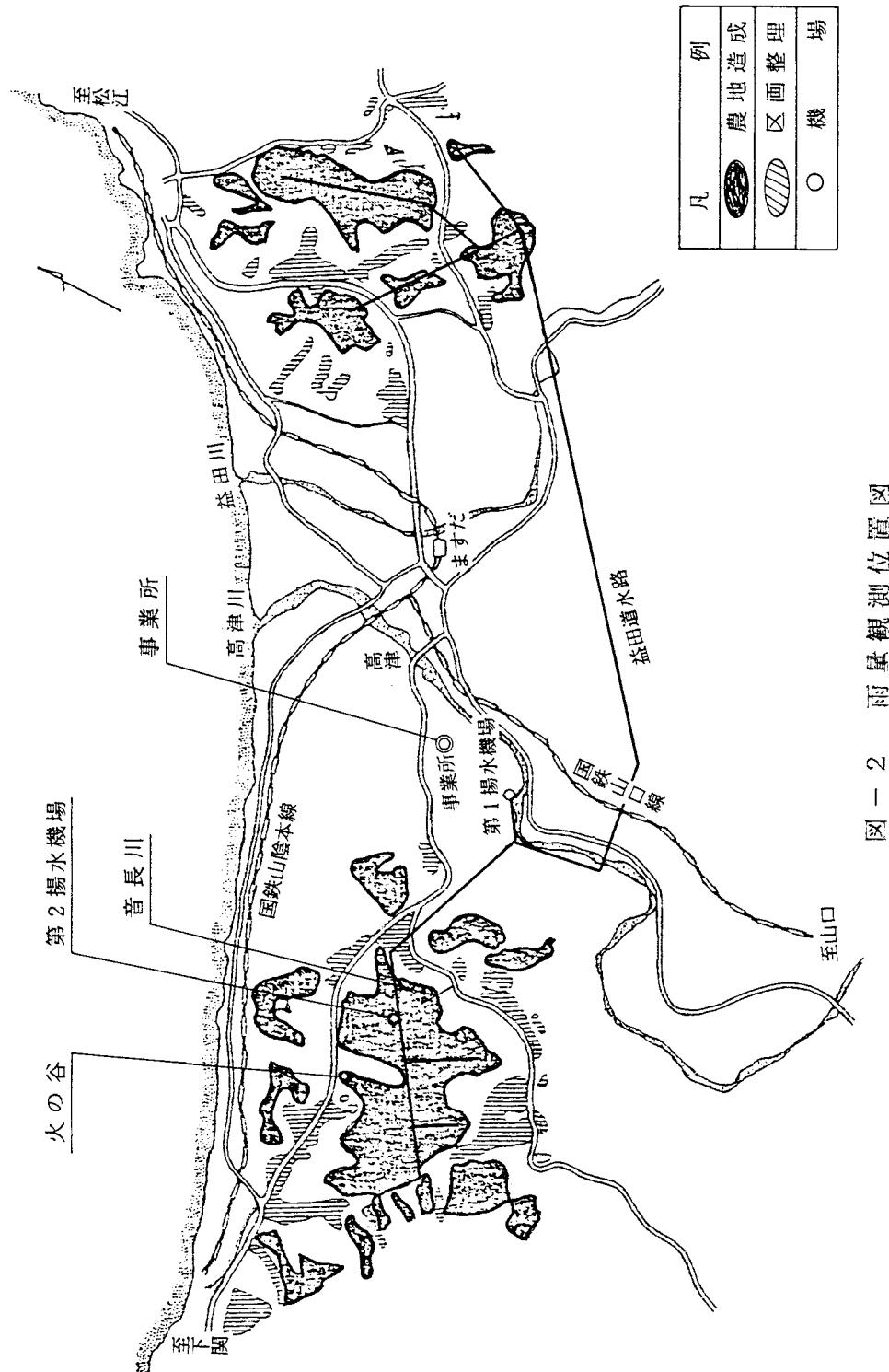


図-2 雨量観測位置図

## 2 事業地区内の地質

事業地区内の地質は、高津工区と益田工区とでその基本的な構成を異にしており、高津工区は洪積世相当の粘土・砂礫堆積物（都野津層）から成り、益田工区は、下位より第三紀中新世の安山岩、泥岩を主体とする地層、都野津層並びに第四紀の崖錐性堆積物から成っている。

都野津層は、高津工区の全域、益田工区の丘陵上部に分布しており、砂礫を主体として粘土層を介在している。砂礫層はソラマメ大～人頭大の円礫を含む中～粗粒砂で、礫は新鮮で硬いものと、かなり風化したものとがある。粘土層は固結土となっているが、形成時期が新しく固結度が弱い。なお、都野津層は固結度が弱く侵食を受けやすい特徴がある。

安山岩は、益田工区東部、津田川沿いにあり、北方では新鮮岩を主体とするが、南方では風化層となっている。新鮮岩は硬固であるが、亀裂、節理の発達がみられ、ブロック状になる。また風化層は赤褐色～黄褐色の砂質粘土状となり、やはり、亀裂、節理が残存している。

泥岩を主体とする地層は益田工区に広く分布しており、礫岩、砂層と互層になっている箇所もある。泥岩は、新鮮なものは暗灰色を呈し軟岩状となり、風化部は褐色を呈し粘土状となっている。

また、風化に対する抵抗力も弱く、地表に現われて乾燥すると急激にもろくなり、小片状に表層剥離をしやすい。褐色の風化土層はモンモリロナイトを主体とし、カオリン、イライト等の粘土

鉱物が混入している。モンモリロナイトは膨潤性に富み、吸水しやすく強度低下の原因となる。なお、泥岩層と都野津層の不整合面では泥岩層が不透水層となり、境界付近で崩壊を起す事例が多い。

崖錐性堆積物は、地区の谷部、山裾に分布し、周辺斜面から崩壊、運搬された土砂が堆積したもので、粘性土を主体とする。全体的に層厚は薄く、崩壊土であるためルーズな状態である。

### 3 益田開拓における防災対策

農地造成における防災対策として、特に雨（豪雨）に対する対策が極めて肝要であるが、益田開拓においては①盛土法面の安定②雨水の円滑なる排除と土砂流出の防止 ③ほ場面のエロージョン防止に細心の注意を払って設計、施工している。

#### ① 盛土法面の安定

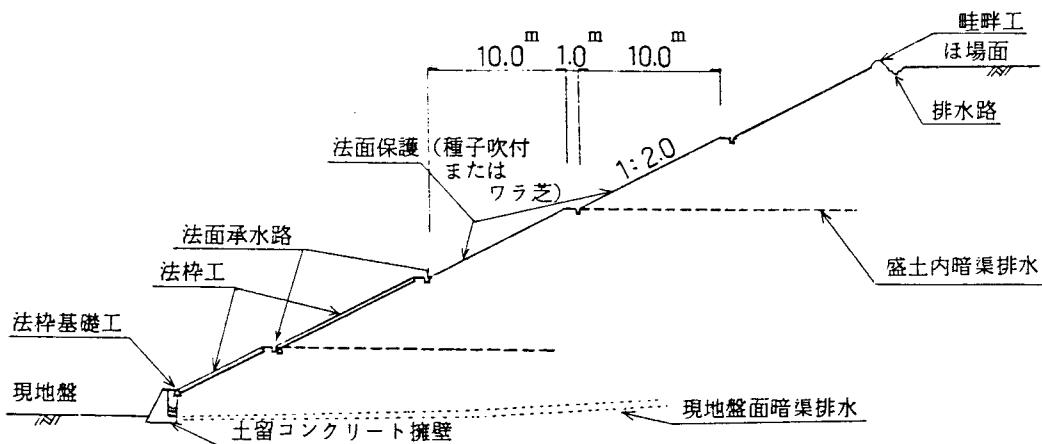
益田開拓では改良山成工法によって農地造成を行っており、  
20～30mの高盛土も決して珍しくない。このような高盛土の法面の安定を得るため、次のような対策を行っている。

- i 盛土法面を1:2.0と非常に緩やかにし、力学的な安定を保つとともに、緩勾配であることから、施工時の法面転圧が十分に行えるよう配慮している。
- ii 盛土内部の間隙水圧の上昇を抑えるため、法面の2段毎に盛土内暗渠排水工を施工している。
- iii 盛土法尻を重力式土留コンクリート擁壁、法枠工等によ

って補強している。

iv 盛土上部の畦畔工及び法面の各小段に設けられた法面承水路によって盛土法面上を雨水が流れないよう配慮している。

図 - 3 盛土法面標準断面図

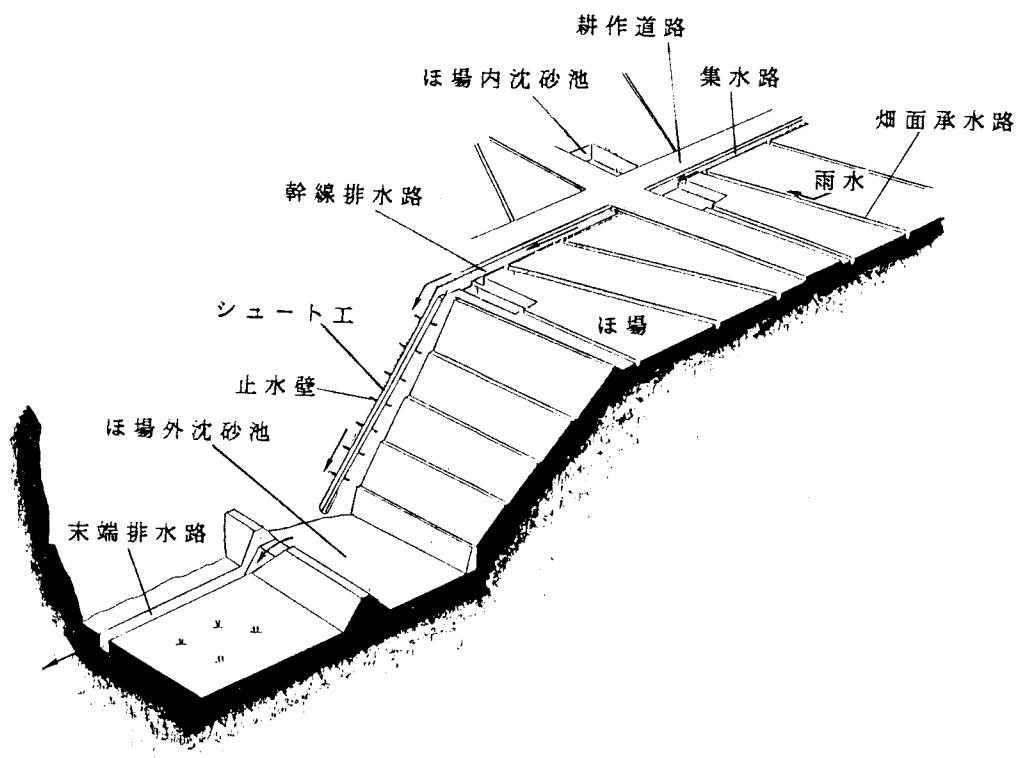


## ② 排水路網と土砂流出防止対策

農地造成地における雨水の円滑な排除は防災の基本であり、益田開拓では基本的な排水路網を次のように計画している。

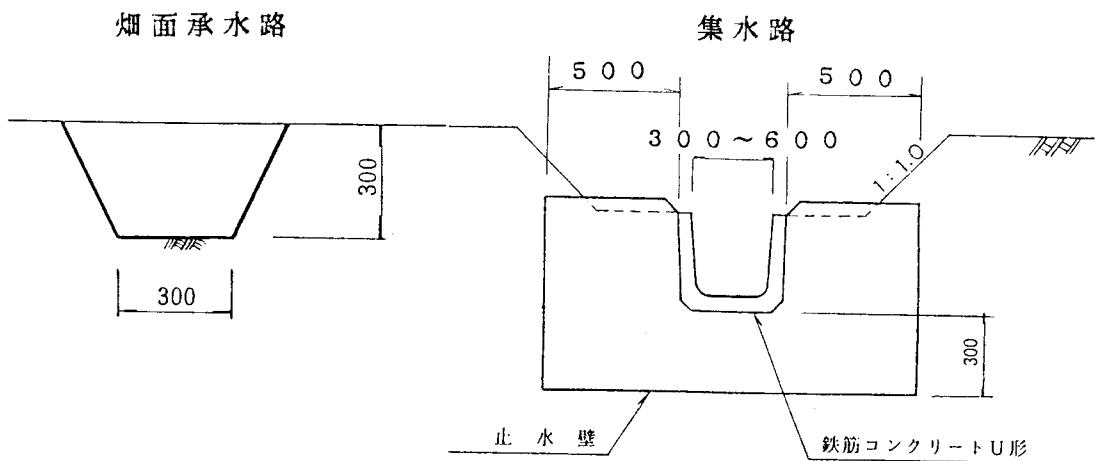
畑面承水路 → 集水路 → ほ場内沈砂池 → 幹線排水路 → シュート工 → ほ場外沈砂池・防災ダム → 末端排水路 → 河川

図-4 排水路網図



- i ほ場面のエロージョン防止対策として、20m間隔で素掘りの畑面承水路を設置（勾配約3°）すると共に、営農開始までの畑面保全のため畑面植生を行っている。
- ii 畑面承水路によって集められた雨水を沈砂池まで安全に導くため、鉄筋コンクリートU型の集水路をほ場界、道路沿いに設置し、集水路周辺の洗掘防止のため5～10mおきに止水壁を設けている。

図-5 畑面承水路及び集水路標準図



iii ほ場からの流出土砂を堆積させるため、ほ場内沈砂池を設け、下流への土砂流出を防止している。なお、ほ場内沈砂池の容量は、「林地開発許可基準」を基に、基盤造成直後及び造成後三か年間の堆砂量をつきのように想定して決定している。

$$\text{基盤造成直後 } 300 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{年} \times 4 \text{ か月} = 100 \text{ m}^3/\text{ha}$$

$$\text{上記以降 } 15 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{年} \times 3 \text{ か年} = 45 \text{ m}^3/\text{ha}$$

$$\text{計 } 145 \text{ m}^3/\text{ha}$$

iv 集水域が広く、大きな通水能力を必要とする集水路は幹線排水路として位置づけ、シート工までの円滑な排水に配慮している。

v シート工は、幹線排水路からほ場外沈砂池まで流下させる施設で、地山斜面上に相当の勾配をもって設置されるため、オーバーフローによる周辺の洗掘に対し特に留意す

る必要がある。このため、構造に応じて相当数の止水壁を設けると共に、二次製品の水路をボルトにより連結する構造としている。

vi 農地造成工事中の土砂流出防止を主目的として、造成地区下流部に防災ダム又はほ場外沈砂池を設置しているが、造成完了後は、ほ場内沈砂池で処理できなかった土砂の流出防止機能を補完する。一般に、ほ場外沈砂池は土堰堤とし、防災ダムはコンクリートの重力ダムとしている。なお、防災ダムは、流域がおおむね 10 ha 以上ある箇所に設置している。

vii ほ場外沈砂池から河川まで至る末端排水路は、極力従前の施設を利用することとしているが、造成により流出率が変化し排水量が大きくなるため、地区外に民家や水田等の重要施設があり、かつ、従前の排水路では断面が不足する場合には、必要最小限の範囲まで改修を行っている。

### ③ ほ場面のエロージョン防止

改めて述べるまでもなく、裸地と植栽地とではエロージョンの発生には著しい差が見られる。このため、特に造成直後営農が安定するまでの間の対策として、畑面植生（牧草の播種）、畑面承水路を設置している。また、エロージョン防止対策の一環として、ほ場勾配が 5° 未満となるよう設計している。

#### 4 対策の効果

今回の豪雨による造成地での被害は、切土法面の崩壊、排水路の損傷・埋没が主なものであり、造成地自体の崩壊あるいは造成地からの土砂流出による被害が皆無であったことが大きな特徴くなっている。

通常考えられる大規模造成地における豪雨災害としては、造成地盛土法面の崩壊と、それによって生じた土石流による下流での被害が挙げられる。しかしながら、前述のように、部分的な被害は別として、全体的に大きな被害がなかったことについては次のようなことが寄与したものと考えられる。

- ① 盛土法面の安定について、前述のように、設計施工上十分な配慮が払われていたこと
- ② 造成地内の排水路網の配置が適切であったこと
- ③ 土砂流出防止について、ほ場内沈砂池と防災ダム等との組合せが適切に機能したこと
- ④ 梅雨期前に営農者による排水路等の清掃等が行われており、施設の管理が十分であったこと

今回の災害を教訓として、シート工の両サイドをコンクリート舗装し、耐浸食性を高める等防災施設の改良を進めているところであるが、この記録的豪雨に耐え抜いた「益田方式」が全国の地域特性に応じつつ、全国レベルでの防災に役立てば幸甚である。

(参考文献)

1. 1は大阪管区気象台災害時自然現象報告書第1号及び第2号から一部引用した。
2. その他については、「昭和58年7月豪雨災害　益田開拓建設事業災害報告書」を参考とした。

---

---

**農地保全研究部会 第6回研究集会資料**

**農地保全の研究 第6号**

**昭和60年7月18日**

**編集・発行者 農業土木学会農地保全研究部会**

**〒690 松江市西川津町1060**

**島根大学農学部 農地工学研究室**

**TEL 0852-21-7100(662)**

---